

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ADEMIR HELDT



**CONTRIBUIÇÃO DE DIVERSAS FONTES ALIMENTARES PARA**

*Macrobrachium amazonicum*

PALOTINA

2016

ADEMIR HELDT

**CONTRIBUIÇÃO DE DIVERSAS FONTES ALIMENTARES PARA**  
*Macrobrachium amazonicum*

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester  
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Leandro Pereira

PALOTINA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

H474            Heldt, Ademir  
                  Contribuição de diversas fontes alimentares  
                  para *Macrobrachium amazonicum* / Ademir Heldt  
                  - Palotina, 2016  
                  51f.

                  Orientador: Eduardo Luis Cupertino Ballester.  
                  Coorientador: Alexandre Leandro Pereira.  
                  Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,  
                  Setor Palotina, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura  
                  e Desenvolvimento Sustentável.

                  1. Camarão-da – amazônia. 2. Nutrição .3. Isótopos estáveis.  
                  I. Ballester, Eduardo Luis Cupertino .II. Pereira,  
                  Alexandre Leandro. III. Universidade Federal do Paraná.  
                  IV. Título.

CDU 639.3

Ficha catalográfica elaborada por Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



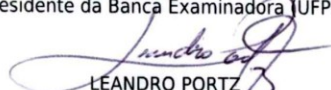
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor PALOTINA  
Programa de Pós Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
Código CAPES: 40001016078P2

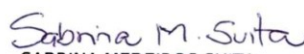
### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ADEMIR HELDT**, intitulada: "**CONTRIBUIÇÃO DAS DIVERSAS FONTES ALIMENTARES PARA *Macrobrachium amazonicum***", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Palotina, 18 de Novembro de 2016.

  
EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
LEANDRO PORTZ  
Avaliador Interno (UFPR)

  
SABRINA MEDEIROS SUITA  
Avaliador Externo (FURG)

Dedico esta dissertação a meus  
Pais, Arno e Silda ; Aos meus irmãos  
Neldo e Dorianana , e minhas sobrinhas,  
Yasmin e Ana Livia. Dedico à Deise por  
ser minha companheira e ter me dado o  
maior de todos os presentes, nosso filho  
João Paulo a quem faço dedicatória  
especial.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Eduardo Ballester pela confiança na realização deste trabalho, dedicação na orientação e pela amizade. Ao Prof. Dr. Alexandre Pereira pelas contribuições como coorientador.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite e pelas contribuições.

Aos colegas de laboratório, principalmente ao Fabricio Dutra, Welliton (piazinho) e Mariane pelo auxílio na execução do experimento.

Ao pessoal do laboratório de qualidade de água, em especial a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lilian Dena, Luana e Claudia pela ajuda nas análises. Agradeço à Maila e a Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Yara Moretto pela ajuda na identificação dos “Bentos”.

Agradeço ao CNPq-MEC, FINEP e PROEXT pelo apoio financeiro. À Universidade Federal do Paraná, setor Palotina, em especial ao Programa de Pós Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável pela oportunidade de estudo.

Agradeço aos meus familiares e amigos pela paciência, confiança e apoio nesse período.

Agradeço de forma sincera a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Mesmo quando tudo parece  
desabar, cabe a mim decidir entre rir ou  
chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar; porque  
descobri, no caminho incerto da vida, o  
que mais importa é o decidir.

(CORA CORALINA)

## RESUMO

*Macrobrachium amazonicum* é a espécie nativa de camarão de água doce com maior potencial para produção em cativeiro no Brasil. A avaliação do espectro alimentar de uma dada espécie pode ser efetuada através da análise de conteúdo estomacal, além de estudos no ambiente e sobre a morfologia do trato digestivo, contribuindo para a classificação de acordo com os tipos de alimento que o animal consome e seu nível trófico. Entretanto, a técnica de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) tem sido considerada mais eficiente para determinar a contribuição dos diversos itens alimentares disponíveis para a dieta de um dado organismo. Desta forma, este estudo teve como objetivo utilizar a técnica de isótopos estáveis para estimar a contribuição das diversas fontes alimentares presentes em ambientes semi-controlados para o ganho de biomassa de *M. amazonicum*. Para determinar o fracionamento isotópico entre juvenis de *M. amazonicum* e uma fonte padrão de alimento, foram utilizados filés de peixe como única fonte de alimentação. Para avaliar a contribuição das diferentes fontes alimentares, o design experimental utilizou juvenis de *M. amazonicum* submetidos a quatro tratamentos com diferente disponibilidade de alimentos: tratamento sem substrato (adição de terra nos tanques), sem macrófita (*Elodea* sp.) e com alimentação artificial; tratamento sem substrato, sem macrófita e sem alimentação artificial; tratamento com substrato, com macrófita e com alimentação artificial; tratamento com substrato, com macrófita e sem alimentação artificial. Em todos os tratamentos os camarões tiveram acesso ao perifiton, plâncton e material orgânico precipitado. O fracionamento isotópico foi de  $0,57 \pm 0,07$  para carbono e  $2,14 \pm 0,18$  para nitrogênio. O crescimento e ganho de biomassa dos camarões diferiu entre os tratamentos. Nos tratamentos sem substrato o crescimento foi 2,4 vezes maior no tratamento com alimentação artificial. Entre os tratamentos com substrato e macrófita, os camarões apresentaram crescimento 2,82 vezes maior quando submetidos à alimentação artificial. A contribuição das fontes alimentares, considerando sua disponibilidade e estimativa de contribuição para o ganho de biomassa, reforçam as conclusões de estudos anteriores sobre a onivoria dos camarões e da sua plasticidade no uso das fontes alimentares. Merecem destaque a contribuição de organismos bentônicos e o fornecimento de ração que, nas condições experimentais, foi fundamental para o melhor desempenho zootécnico dos juvenis de *M. amazonicum*, seja pelo consumo direto ou pelo enriquecimento na qualidade das outras fontes de alimento disponíveis. Nos tratamentos onde não houve disponibilidade de organismos bentônicos e ração, a contribuição das comunidades de microrganismos presentes no plâncton, perifiton e material precipitado foram maiores.

**Palavras-chave:** Isótopos estáveis. Nutrição. Camarão-da - amazônia.



## ABSTRACT

*Macrobrachium amazonicum* is the native freshwater shrimp species with the greatest potential for captive production in Brazil. The evaluation of the alimentary spectrum of a given species can be done through the analysis of stomach contents, besides studies in the environment and on the morphology of the digestive tract, contributing to the classification according to the types of food that the animal consumes and its level trophic. However, the stable isotope carbon and nitrogen technique ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ) has been considered more efficient in determining the contribution of the various food items available to the diet of a given organism. Thus, this study aimed to use the stable isotope technique to estimate the contribution of the various food sources present in semi-controlled environments for the biomass gain of *M. amazonicum*. To determine the isotopic fractionation between juveniles of *M. amazonicum* and a standard source of food, fish fillets were used as sole source of feed. To evaluate the contribution of the different food sources, the experimental design used juveniles of *M. amazonicum* submitted to four treatments with different food availability: treatment without substrate (addition of soil in the tanks), without macrophyte (*Elodea* sp.) And with artificial feeding ; Treatment without substrate, without macrophyte and without artificial feeding; Substrate treatment, macrophyte and artificial feeding; Treatment with substrate, with macrophyte and without artificial feeding. In all treatments the prawns had access to periphyton, plankton and precipitated organic material. The isotopic fractionation was  $0.57 \pm 0.07$  for carbon and  $2.14 \pm 0.18$  for nitrogen. Growth and biomass gain of shrimp differed between treatments. In the treatments without substrate the growth was 2.4 times greater in the treatment with artificial feeding. Among the treatments with substrate and macrophyte, the shrimp presented growth 2.82 times higher when submitted to artificial feeding. The contribution of the food sources, considering their availability and estimation of contribution to the biomass gain, reinforces the conclusions of previous studies on the onivoria of shrimps and their plasticity in the use of food sources. It is worth mentioning the contribution of benthic organisms and the supply of feed which, under the experimental conditions, was fundamental for the better zootechnical performance of the juveniles of *M. amazonicum*, either by direct consumption or by enriching the quality of the other available food sources. In the treatments where benthic organisms and feed were not available, the contribution of communities of microorganisms present in plankton, periphyton and precipitated material were higher.

**Keywords:** Stable isotopes. Nutrition. Amazon river prawn.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 – Variação do sinal isotópico de carbono dos camarões alimentados exclusivamente com filé de tilápia no período do experimento (Dia1 ao Dia30).<br>.....                 | 20 |
| FIGURA 2 – Variação do sinal isotópico do nitrogênio dos camarões alimentados exclusivamente com filé de tilápia no período do experimento (Dia1 ao Dia30).....                   | 20 |
| FIGURA 3 – Relação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos camarões no tratamento 1 e das fontes alimentares com os respectivos desvios padrão..... | 23 |
| FIGURA 4 – Relação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos camarões no tratamento 2 e das fontes alimentares com os respectivos desvios padrão .... | 24 |
| FIGURA 5 – Relação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos camarões no tratamento 3 e das fontes alimentares com os respectivos desvios padrão .... | 26 |
| FIGURA 6 – Relação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ dos camarões no tratamento 4 e das fontes alimentares com os respectivos desvios padrão .... | 27 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 – Variáveis limnológicas (média±DP) para o experimento de fracionamento isotópico.....                      | 19 |
| TABELA 2 – Variáveis limnológicas (média±DP) para o experimento de contribuição das fontes alimentares.....          | 21 |
| TABELA 3 – Desempenho zootécnico (média±DP): sobrevivência, comprimento (cm), peso final(g) e ganho de peso (g)..... | 22 |
| TABELA 4 – Sinais isotópicos (média± DP) das fontes alimentares e dos camarões em cada tratamento.....               | 22 |
| TABELA 5 – Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes alimentares no tratamento 1.....     | 23 |
| TABELA 6 – Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes alimentares no tratamento 2.....     | 24 |
| TABELA 7 – Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes alimentares no tratamento 3.....     | 25 |
| TABELA 8 – Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes alimentares no tratamento 4.....     | 27 |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>   | <b>15</b> |
| 2.1      | OBJETIVO GERAL.....  | 15        |
| 2.2      | OBJETIVOS ESPECIFICOS .....  | 15        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL E METODOS.....</b>   | <b>16</b> |
| 3.1      | EXPERIMENTO 1- FRACIONAMENTO ISOTÓPICO .....   | 16        |
| 3.2      | EXPERIMENTO 2- CONTRIBUIÇÃO DAS FONTES ALIMENTARES .....   | 17        |
| 3.3      | ANÁLISE DOS DADOS .....  | 19        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>19</b> |
| 4.1      | FRACIONAMENTO ISOTÓPICO .....  | 19        |
| 4.2      | CONTRIBUIÇÃO DAS DIVERSAS FONTES ALIMENTARES .....   | 21        |
| <b>5</b> | <b>DISCUSSÃO .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>  | <b>33</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>33</b> |
|          | <b>ANEXO A – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS<br/>CAMARÕES NO TRATAMENTO T1.....</b> | <b>40</b> |
|          | <b>ANEXO B – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS<br/>CAMARÕES NO TRATAMENTO T2.....</b> | <b>42</b> |
|          | <b>ANEXO C – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS<br/>CAMARÕES NO TRATAMENTO T3.....</b> | <b>46</b> |
|          | <b>ANEXO D – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS<br/>CAMARÕES NO TRATAMENTO T4.....</b> | <b>49</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A carcinicultura de água doce apresenta-se como uma atividade vantajosa, podendo ser lucrativa tanto para pequenos como grandes produtores. Este fato está relacionado com o alto valor do produto, a existência de demanda para o consumo e a exportação, a possibilidade de policultivo e produção em sistemas integrados, bem como a possibilidade de operação longe das regiões costeiras, diminuindo a pressão sobre ambientes frágeis como estuários e mangues (NEW, 2000), atendendo aos preceitos de aquicultura sustentável (VALENTI, 2002). Os dados mais recentes referentes à carcinicultura de água doce apontam uma produção mundial de 496.202 toneladas em 2014 com um valor aproximado de 2,6 bilhões de dólares, apresentando um incremento de produção na última década de cerca de 25% e de mais de 1000 % se considerarmos os últimos 20 anos (FAO, 2016). Outro fator que merece destaque é o crescimento da importância da produção de *Macrobrachium nipponense*, uma espécie nativa da China, criada exclusivamente naquele país, que atingiu uma produção de 257.641 toneladas em 2014 e que desde de 2010 tem superado a produção mundial de *Macrobrachium rosenbergii*, originalmente a principal espécie produzida em todo o mundo.

No Brasil, a espécie exótica *M. rosenbergii* é a única produzida comercialmente em cativeiro, entretanto, apesar do sucesso no início desta atividade, com produções próximas a 1000 toneladas por ano no início da década de 90 (VALENTI, 1993), a atividade entrou em declínio e atualmente a produção é muito reduzida, registrando valores próximos a apenas 100 toneladas por ano desde 2008 (FAO 2016). Por outro lado, as espécies nativas *Macrobrachium amazonicum* (HELLER 1862), *Macrobrachium acanthurus* (WEIGMANN 1836) e *Macrobrachium carcinus* (LINNAEUS 1758) são exploradas por meio da pesca, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (VALENTI, 2007; MACIEL e VALENTI, 2009) e representam uma importante fonte de renda para centenas de famílias de pescadores artesanais destas regiões. Estimativas não publicadas apontam uma produção que pode atingir de 20.000 a 40.000 toneladas por ano através da pesca destas espécies, apenas na região Norte (Eduardo Ballester – comunicação pessoal).

Entre as espécies nativas brasileiras, *M. amazonicum* é a que apresenta maior potencial para produção em cativeiro (MORAES-VALENTI e VALENTI 2010,

MARQUES e MORAES-VALENTI 2012). Este camarão pode atingir 16 cm e 30 g (MORAES-VALENTI & VALENTI, 2010). Sua carne apresenta textura mais firme e sabor mais acentuado em relação à carne de *M. rosenbergii*, sendo mais bem aceita nos mercados consumidores e amplamente consumida pelas populações de baixa, média e alta renda na região amazônica (MORAES-RIODADES & VALENTI, 2001) e nordeste do Brasil (NEW *et al.*, 2010).

Devido à importância econômica e ecológica de *M. amazonicum*, estudos que proporcionem conhecimentos mais detalhados sobre a biologia alimentar da espécie ainda são necessários, uma vez que o conhecimento dos hábitos alimentares e das exigências nutricionais é de fundamental importância no delineamento do nível trófico ocupado, fornecendo ainda, subsídios para a compreensão de temas como nutrição, aspectos biológicos e transferência de energia no ecossistema (ZAVALA-CAMIN, 1996), sendo indispensável para um efetivo manejo da população (HAHN *et al.* 1992; ZAVALA-CAMIN, 1992) .

A avaliação do espectro alimentar de uma dada espécie pode ser efetuada através da análise de conteúdos estomacais e complementada com estudos no ambiente e sobre a morfologia do trato digestivo, contribuindo para a classificação de acordo com os tipos de alimento e nível trófico (JUNGER *et al.*, 1988). Entretanto, este tipo de estudo aponta apenas os itens que o organismo ingeriu e não pode determinar a real contribuição destes itens para o ganho de biomassa (SCHWAMBORN e CRIALES 2000; ABREU *et al.* 2007; SUITA *et al.*, 2016;). Para determinar a contribuição dos diversos itens alimentares disponíveis tanto em ambientes de cultivo quanto no meio selvagem, a utilização da técnica de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) pode ser considerada uma ferramenta eficiente, como já foi verificado em estudos com outras espécies de crustáceos (NUNES, A. J. P.; GESTEIRA, T. C. V. & GODDARD, S. 1997; YOKOYAMA *et al.* 2005; COMAN *et al.* 2006; ABREU *et al.* 2007; SHIMODA *et al.* 2007; BALLESTER, 2008, CARDONA *et al.* 2015; SUITA *et al.* 2016).

Isótopos são átomos de um mesmo elemento químico com o mesmo número de prótons e diferente número de nêutrons no seu núcleo, apresentando massas nucleares distintas (SUN *et al.* 2011). Os diferentes números de massa dos isótopos possibilitam a identificação e quantificação desses isótopos de um mesmo elemento químico (GROOT, 2004). Cada elemento apresenta um isótopo estável leve, mais abundante de forma natural e um ou dois isótopos pesados presentes em pequenas

porções. As propriedades químicas desses elementos são iguais, mas estes diferem quanto às propriedades físicas (DUCATTI, 2007). Os termos leve e pesado referem-se ao número de massa de cada um dos isótopos. Segundo Moretti *et al.*, 2003 os isótopos estáveis mais utilizados em estudos de alimentação trófica, em pesquisas ecológicas e biológicas, são o do carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e do nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ), cuja determinação dos valores isotópicos, ou sinal isotópico, é realizada a partir de amostras do material orgânico, analisadas por espectrômetro de massas de razão isotópica (Isotope-ratio mass spectrometry – IRMS) (PRESTON, 1992). Mesmo quando existe um grande número de potenciais fontes de alimento, é possível, através de modelos estatísticos/matemáticos, determinar as prováveis combinações de fontes alimentares que são utilizadas e assimiladas por determinado organismo consumidor (PHILLIPS; GREGG, 2003; BALLESTER, 2008). Neste tipo de estudo também é importante considerar o enriquecimento ou fracionamento isotópico que ocorre devido ao acúmulo de átomos dos isótopos mais pesados nos tecidos do organismo consumidor (FRY 2006).

Segundo Peterson e Fry (1987), o fracionamento isotópico para animais aquáticos varia de 0 a 1 ‰ para carbono e de 0 a 4‰ para nitrogênio. Entretanto, para uma determinada espécie, como no caso de *M. amazonicum*, os valores são desconhecidos e podem causar dúvidas no momento da análise. Nos estudos de Gamboa-Delgado e Le Vay (2009) e Gamboa-Delgado *et al.* (2013), foi determinado que para camarões juvenis um período de 15 dias é o suficiente para atingir o equilíbrio isotópico entre a dieta e os tecidos do organismo. Cardona *et al.* (2015) determinaram que a partir de 21 dias houve o equilíbrio entre o sinal isotópico da dieta de juvenis de *Litopenaeus vannamei*.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estimar a contribuição de diferentes fontes alimentares presentes em ambientes semi-controlados para ganho de biomassa do *M. amazonicum*.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Determinar um valor de fracionamento isotópico apresentado entre juvenis de *M. amazonicum* e uma fonte padrão de alimento;

Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de *M. amazonicum* submetidos a diferentes disponibilidades de fontes alimentares;

Obter a contribuição isotópica de diferentes fontes de alimento para a formação de tecidos de juvenis de *M. amazonicum*

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 EXPERIMENTO 1 – FRACIONAMENTO ISOTÓPICO

Para determinar o fracionamento isotópico, juvenis de *M. amazonicum* ( $0,57 \pm 0,09$  g e  $3,88 \pm 1,80$  cm) foram mantidos por 30 dias em um tanque de polietileno com capacidade para 300 litros e  $0,5 \text{ m}^2$  de área de fundo, ligado a um biofiltro, onde os camarões foram alojados a uma densidade de 100 animais por metro quadrado. Seguindo as recomendações de Yokoyama *et al.* (2005), a dieta (10% da biomassa total dos camarões aferida na biometria inicial) era composta de uma única fonte alimentar, sendo fornecidas 4 gramas de filé de peixe tilápia *Oreochromis niloticus* (matéria seca 25%), ofertadas 3 vezes ao dia (08h00, 13h00 e 17h00). A cada três dias foram coletados dois animais. Estes foram secos a  $50^\circ\text{C}$  por 24 horas, em estufa com ventilação forçada e posteriormente enviados para análise do perfil isotópico. Ao longo do experimento, os animais mortos foram retirados do tanque para evitar canibalismo. Ao final do experimento os animais foram contados para determinação de sobrevivência e mensurados para avaliação do seu crescimento e ganho de biomassa.

Diariamente foram monitoradas variáveis com sondas específicas: temperatura com Termômetro Digital (CE<sup>®</sup>), oxigênio dissolvido com Oxímetro AT-170 (Afakit<sup>®</sup>), pH com medidor de pH AT-315 (Alfakit<sup>®</sup>), condutividade com Condutivímetro AT-230. A cada dez dias foram coletadas amostras para quantificar as concentrações de amônia (N-AT), e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) presentes na água do sistema de cultivo, segundo a metodologia proposta por Mackereth *et al.* (1978), bem como para mensurar a alcalinidade e dureza, conforme Walker (1978) e as concentrações



de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (MACKERETH *et al.* 1978) em espectrofotômetro 2000UV (BE Photonics®).

A composição isotópica de carbono e nitrogênio foi determinada pela combustão automática da amostra em um analisador elementar Carlo Erba (CHN-1110), acoplado a um espectrômetro de massa Finnigan Delta Plus do Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/ESALQ-USP (Piracicaba, SP). As amostras foram queimadas em meio oxidante, e os gases produzidos foram separados por cromatografia gasosa, purificados e carregados por um fluxo contínuo de Hélio. Os valores das razões isotópicas de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) (em partes por mil) foram comparados com as referências universais, respectivamente, ao PDB (Pee Dee Belemnite) e ao nitrogênio (ar atmosférico) (Fry 2003), através da equação  $\delta(\text{‰}) = (R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}) / R_{\text{padrão}} \times 1000$  onde “R” é a relação entre os isótopos pesados e leves ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) da amostra e do padrão, respectivamente.

Para calcular o fracionamento isotópico foram considerados os valores a partir do 21º dia (CARDONA *et al.*, 2015), utilizando a equação:  $\Delta(\text{‰}) = \delta_{\text{tecido}} - \delta_{\text{fonte}}$ .

### 3.2 EXPERIMENTO 2 - CONTRIBUIÇÃO DAS FONTES ALIMENTARES

O experimento foi realizado no Laboratório de Carcinicultura da Universidade Federal do Paraná UFPR – Setor Palotina, utilizando juvenis provenientes do Centro de Aquicultura da Unesp (CAUNESP), campus de Jaboticabal, São Paulo. Os tratamentos foram distribuídos de forma inteiramente ao acaso em quatro unidades experimentais (tanques de lona SANSUY®) com volume de 5.000 litros e área de fundo de 5 metros quadrados montados ao ar livre. Os camarões (comprimento inicial  $3,48 \pm 0,42\text{cm}$  e peso inicial  $0,30 \pm 0,10\text{g}$ ) foram estocados à densidade de 20 animais/ $\text{m}^2$ . Dois tanques tiveram a colocação de 20 cm de substrato de terra. Todos os tanques receberam adubação química com superfosfato triplo ( $3\text{g}/\text{m}^2$ ) e calagem com calcário ( $200\text{g}/\text{m}^2$ ) (OSTRENSKY; BOEGER, 1998) e permaneceram cheios por 10 dias antes do início do experimento, permitindo o desenvolvimento das comunidades de organismos planctônicos, bentônicos e de biofilme. Houve reposição da água evaporada apenas na primeira semana. O experimento teve duração de 60 dias.

No tratamento 1 (T1) os camarões foram alojados em tanque sem substrato de terra, com fornecimento de ração (POTIMAR 40J - GUABI®). Nesse tratamento os

animais também tinham acesso ao perifiton, material orgânico em suspensão (plâncton) e material orgânico precipitado. O tratamento 2 (T2) era composto dos mesmos elementos do primeiro sem a adição de ração. No tratamento 3 (T3), os camarões foram alojados em tanque contendo substrato de terra com introdução da macrófita *Elodea sp.*, bem como, o desenvolvimento de organismos bentônicos como possíveis fontes alimentares aos camarões e fornecimento de ração. O tratamento 4 (T4) foi delineado nas mesmas condições do T3 sem a adição de ração. Em todos os tratamentos observou-se a formação de biofilme e material orgânico em suspensão (plâncton). Os tanques receberam aeração produzida por um soprador radial e distribuída por uma pedra porosa grande (20cm) em cada unidade experimental.

No momento da estocagem dos camarões foi efetuada a biometria inicial, onde foram mensurados o peso e o comprimento dos indivíduos colocados nas unidades experimentais. Também foram coletados e armazenados: 5 camarões; plâncton retido por filtragem em filtro de quartzo; biofilme raspado de placas de PVC com tamanho de 2 X 10 cm mantidas submersas na água do tanque; organismos bentônicos coletados com draga de Petersen; e ração. Essas coletas foram repetidas no vigésimo, quadragésimo e sexagésimo dia (exceto para ração) e as amostras coletadas foram secas a 50°C por 24 horas em estufa de ventilação forçada e armazenadas sob refrigeração. Após o encerramento do experimento, todas as amostras foram levadas para o Laboratório de Ecologia Isotópica do CENAESALQ-USP (Piracicaba, SP) para determinação do perfil isotópico seguindo a mesma metodologia descrita para o experimento 1.

Diariamente foram monitoradas variáveis de qualidade de água com sondas específicas: temperatura com Termômetro Digital (CE®), oxigênio dissolvido com Oxímetro AT-170 (Afakit®), pH com medidor de pH AT-315 (Alfakit®), condutividade com Condutímetro AT-230. Semanalmente foram coletadas amostras para quantificar as concentrações de amônia (NAT) e nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) presentes na água do sistema de cultivo segundo a metodologia proposta por MACKERETH *et al.* (1978), bem como, para mensurar a alcalinidade e dureza (WALKER, 1978) e concentrações de nitrato (NO<sub>3</sub>) (MACKERETH *et al.* 1978) em espectrofotômetro 2000UV (BE Photonics®).

Nos primeiros 30 dias a ração foi fornecida na proporção de 40% da biomassa estocada no início do experimento, dividida em duas porções diárias. A partir do

vigésimo quinto dia a proporção foi ajustada para 20% da biomassa, obtida na biometria dos indivíduos coletados no 20º dia (PENTEADO, 2012).

Ao final do experimento os animais foram contados para determinação da sobrevivência e mensurados para avaliação do seu crescimento e ganho de biomassa.

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS:

Os dados referentes à qualidade de água, tamanho e peso dos camarões cultivados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA;  $\alpha = 0,05$ ). Quando verificado diferenças significativas, foi aplicado o teste *a posteriori* de TUKEY.

Para estimar a contribuição de cada fonte alimentar para a biomassa dos camarões foi utilizada a estrutura de análise Bayesiana pelo pacote Siar - Stable Isotope Analysis in R (PARNELL *et al.* 2010).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 EXPERIMENTO 1- FRACIONAMENTO ISOTÓPICO

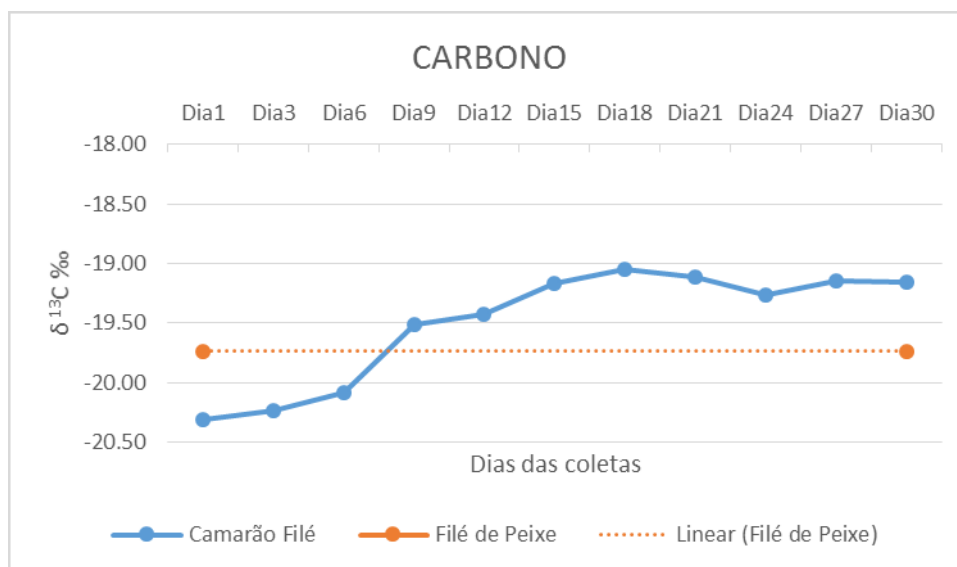
Durante o período experimental, as variáveis de qualidade de água mantiveram-se semelhantes ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 1). Ao término do período experimental, os camarões apresentaram peso médio de  $0,89 \pm 0,05$  g, comprimento total  $5,09 \pm 1,85$  cm e 68% de sobrevivência.

TABELA 1 – Variáveis limnológicas (média $\pm$ DP) para o experimento de fracionamento isotópico.

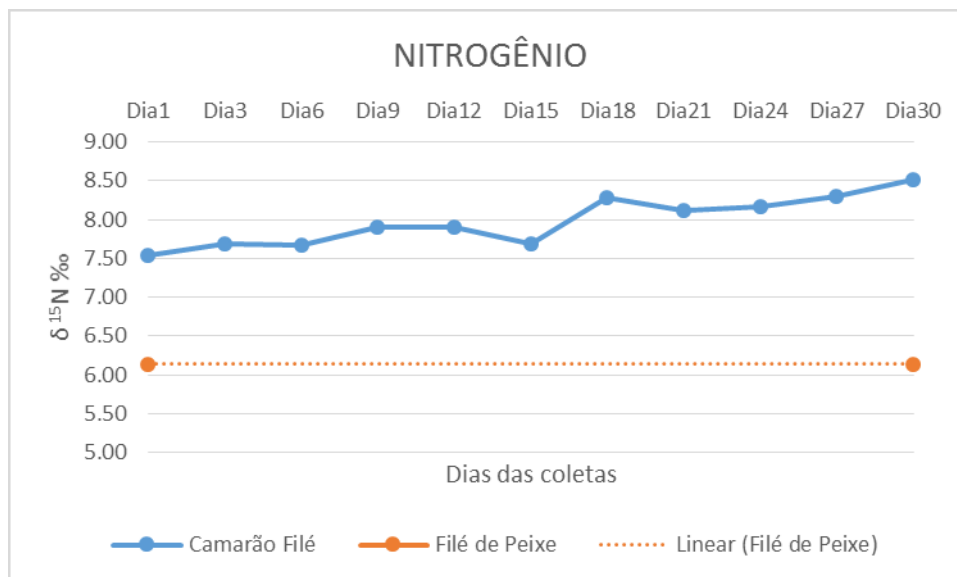
|  |                   |
|--|-------------------|
| TEMPERATURA (°C)                                     | 28,26 $\pm$ 0,65  |
| pH   | 7,65 $\pm$ 0,48   |
| OD (mg L <sup>-1</sup> )                             | 7,35 $\pm$ 0,34   |
| AMÔNIA (mg L <sup>-1</sup> )                         | 0,02 $\pm$ 0,01   |
| NITRITO (mg L <sup>-1</sup> )                        | 0,03 $\pm$ 0,05   |
| ALCALINIDADE (mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> ) | 110,76 $\pm$ 9,02 |
| DUREZA (mg L <sup>-1</sup> )                         | 28,67 $\pm$ 16,65 |

FONTE o autor (2016)

Houve variação nos valores de sinal isotópico de carbono <sup>13</sup>C (Figura 1) e nitrogênio <sup>15</sup>N (Figura 2) nos camarões alimentados exclusivamente com filé de tilápia no período experimental.



FONTE o autor (2016). FIGURA 1- Variação do sinal isotópico de Carbono dos camarões alimentados exclusivamente com filé de tilápia no período do experimento (Dia 1 ao Dia 30).



FONTE o autor (2016). FIGURA 2- Variação do sinal isotópico do nitrogênio dos camarões alimentados exclusivamente com filé de tilápia no período do experimento (Dia 1 ao Dia 30).

Os valores isotópicos médios para  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  foram  $19,17 \pm 0,07$  e  $8,28 \pm 0,18$ , respectivamente. O valor da fonte alimentar (filé de peixe) foi  $\delta^{13}\text{C} = -19,74$  e  $\delta^{15}\text{N} =$

6,14. O fracionamento obtido foi de  $0,57 \pm 0,07$  para carbono  $^{13}\text{C}$  e  $2,14 \pm 0,18$  para nitrogênio  $^{15}\text{N}$ . Estes valores foram utilizados para determinação da contribuição das fontes alimentares no experimento 2.

#### 4.2 EXPERIMENTO 2- CONTRIBUIÇÃO DAS FONTES ALIMENTARES

As variáveis de qualidade de água diferiram ( $p < 0,05$ ) para condutividade, oxigênio dissolvido e dureza. As demais variáveis foram semelhantes em todos os tratamentos ( $p > 0,05$ ; Tabela 2).

TABELA 2 – Variáveis limnológicas (média $\pm$ DP) para o experimento de contribuição das fontes alimentares.

|   | T1                   | T2                   | T3                   | T4                   |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )        | $27,24 \pm 0,90$     | $27,39 \pm 0,96$     | $27,43 \pm 0,95$     | $27,33 \pm 0,97$     |
| Ph  | $7,77 \pm 0,80$      | $8,01 \pm 0,84$      | $7,81 \pm 0,71$      | $7,69 \pm 0,68$      |
| CONDUTIVIDADE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | $139,22 \pm 07,40^c$ | $126,10 \pm 04,57^b$ | $143,64 \pm 07,49^a$ | $143,87 \pm 08,36^a$ |
| OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )                 | $5,76 \pm 1,00^c$    | $7,03 \pm 0,77^a$    | $5,91 \pm 0,85^c$    | $6,57 \pm 0,93^b$    |
| AMÔNIA ( $\text{mg L}^{-1}$ )             | $0,20 \pm 0,07$      | $0,15 \pm 0,04$      | $0,17 \pm 0,04$      | $0,17 \pm 0,04$      |
| NITRITO ( $\text{mg L}^{-1}$ )            | $0,02 \pm 0,01$      | $0,01 \pm 0,01$      | $0,02 \pm 0,01$      | $0,01 \pm 0,01$      |
| DUREZA ( $\text{mg L}^{-1}$ )             | $23,31 \pm 4,07^b$   | $23,81 \pm 3,31^b$   | $38,17 \pm 4,12^a$   | $37,84 \pm 4,07^a$   |
| ALCALINIDADE ( $\text{mg L}^{-1}$ )       | $39,70 \pm 11,97$    | $36,40 \pm 09,74$    | $39,23 \pm 10,76$    | $43,92 \pm 16,05$    |

FONTES o autor (2016). Letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ )

A sobrevivência dos camarões foi semelhante em todos os tratamentos ( $p > 0,05$ ), entretanto, o crescimento e o ganho de biomassa diferiram entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ; Tabela 3). Considerando os tratamentos T1 e T2, em que o delineamento experimental diferiu apenas em relação à adição de ração, o crescimento foi de 2,4 vezes maior no tratamento com ração. Entre os tratamentos T3 e T4, a diferença no crescimento foi de 2,82 vezes maior no T3, onde houve a adição de ração.

TABELA 3 – Desempenho zootécnico (Média±DP): sobrevivência, comprimento (cm), peso final(g) e ganho de peso (g).

|                   | T1                     | T2                     | T3                     | T4                     |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| SOBREVIVÊNCIA     | 98%                    | 89%                    | 78%                    | 96%                    |
| COMPRIMENTO FINAL | 5,87±0,49 <sup>b</sup> | 4,54±0,58 <sup>d</sup> | 7,52±0,53 <sup>a</sup> | 5,38±0,32 <sup>c</sup> |
| PESO FINAL        | 1,61±0,48 <sup>b</sup> | 0,67±0,16 <sup>d</sup> | 3,07±1,18 <sup>a</sup> | 1,09±0,18 <sup>c</sup> |
| GANHO DE PESO     | 1,31±0,48 <sup>b</sup> | 0,37±0,16 <sup>d</sup> | 2,77±1,18 <sup>a</sup> | 0,79±0,18 <sup>c</sup> |

FONTE o autor (2016). Letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p<0,05)

Analisando os resultados da análise dos sinais isotópicos (Tabela 4) verificamos que, no tratamento 1, a principal fonte de alimentação foi o plâncton, com uma contribuição média de 46 a 61%, apresentando intervalos menores de contribuição para o crescimento em biomassa dos camarões, seguido pela ração, com uma contribuição de 24 a 33% e demonstrando que o perifiton e o material orgânico precipitado tiveram os menores níveis de contribuição (Tabela 5; Figura 3).

TABELA 4 – Sinais isotópicos (Média± DP) das fontes alimentares e dos camarões em cada tratamento.

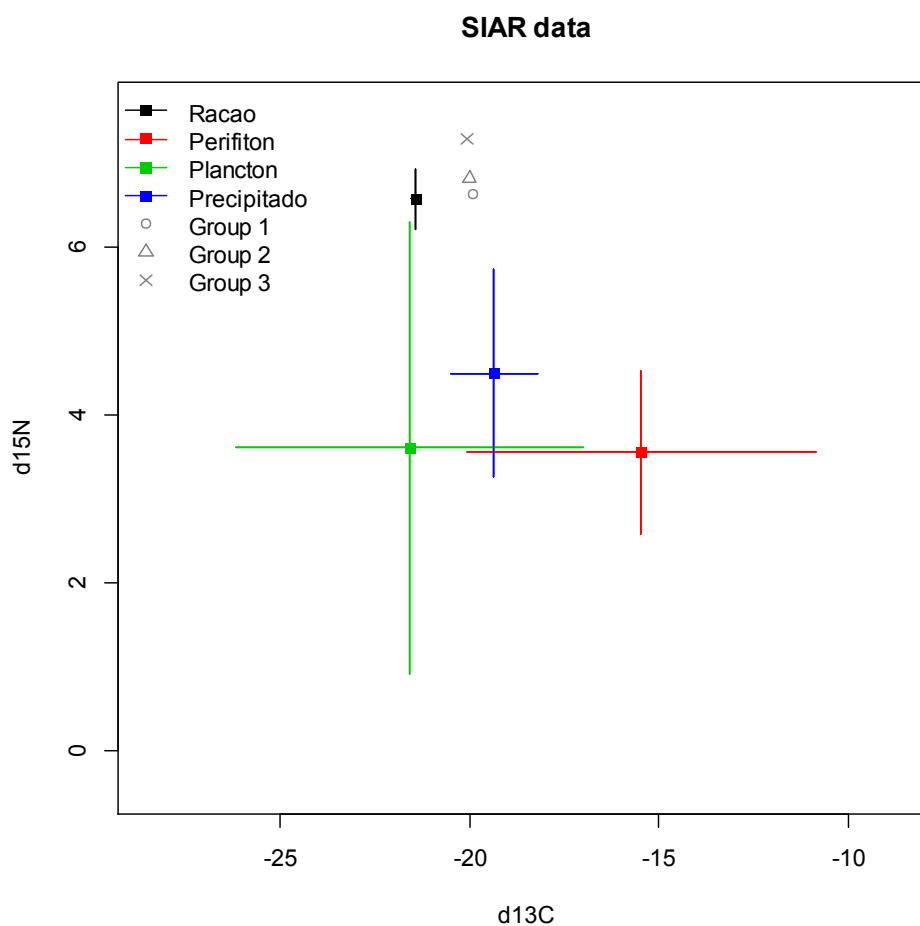
|        | T1          |           | T2          |            | T3          |           | T4          |           |
|--------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|        | C           | N         | C           | N          | C           | N         | C           | N         |
| PERIF  | -16,03±2,31 | 1,42±0,45 | -18,94±1,09 | 0,51±0,036 | -13,58±0,81 | 2,87±1,40 | -14,01±2,39 | 0,64±0,47 |
| PLANC  | -22,15±2,30 | 1,47±1,33 | -21,52±1,73 | 1,42±1,87  | -27,40±1,97 | 1,33±3,25 | -22,97±2,03 | 2,49±0,71 |
| PRECI  | -19,92±0,57 | 2,36±0,59 | -17,50±0,38 | 0,44±0,22  | -           | -         | -           | -         |
| RAÇÃO  | -21,99±0,00 | 4,43±0,00 | -           | -          | -21,99±0,00 | 4,43±0,00 | -           | -         |
| BENTOS | -           | -         | -           | -          | -19,42±2,06 | 5,44±0,90 | -21,06±1,47 | 5,32±1,03 |
| ELODEA | -           | -         | -           | -          | -20,26±1,10 | 3,93±0,25 | -20,63±0,72 | 5,11±3,29 |
| G1     | -19,93      | 6,63      | -17,81      | 5,73       | -19,03      | 6,93      | -19,07      | 6,65      |
| G2     | -20,01      | 6,82      | -17,67      | 6,06       | -19,49      | 7,47      | -18,36      | 7,08      |
| G3     | -20,07      | 7,29      | -17,95      | 6,05       | -19,67      | 7,41      | -18,13      | 6,73      |

FONTE o autor (2016). G1=camarões aos 20 dias; G2= Camarões aos 40 dias; G3= Camarões aos 60 dias

Tabela 5: Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes no tratamento 1

|                 | G1     |        |       | G2     |        |       | G3     |        |       |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|                 | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média |
| Ração (%)       | 02     | 58     | 33    | 01     | 56     | 30    | 00     | 48     | 24    |
| Perifiton (%)   | 00     | 20     | 08    | 00     | 19     | 07    | 00     | 18     | 07    |
| Plancton (%)    | 21     | 78     | 46    | 27     | 79     | 51    | 37     | 87     | 61    |
| Precipitado (%) | 00     | 37     | 13    | 00     | 32     | 12    | 00     | 25     | 09    |

FONTE o autor (2016). G1=camarões aos 20 dias; G2= Camarões aos 40 dias; G3= Camarões aos 60 dias.



FONTE o autor (2016). FIGURA 3 - Relação entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos camarões no tratamento 1 e das fontes alimentares com os respectivos desvios padrão. (Group 1= sinal isotópico dos camarões aos 20 dias; Group 2= sinal isotópico dos camarões aos 40 dias; Group 3= sinal isotópico dos camarões aos 60 dias.)

Ao analisar o tratamento 2, verifica-se contribuição do plancton próxima a 20%, enquanto a contribuição do perifiton cresce para cerca de 40%, semelhante ao encontrado para o material precipitado (Tabela 6; Figura 4)

Tabela 6: Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes no tratamento 2

|                 | G1     |        |       | G2     |        |       | G3     |        |       |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|                 | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média |
| Perifiton (%)   | 18     | 65     | 42    | 16     | 66     | 41    | 15     | 63     | 39    |
| Plancton (%)    | 02     | 38     | 21    | 01     | 36     | 19    | 02     | 38     | 21    |
| Precipitado (%) | 02     | 65     | 37    | 04     | 70     | 40    | 05     | 71     | 40    |

FONTE o autor (2016). G1=camarões aos 20 dias; G2= Camarões aos 40 dias; G3= Camarões aos 60 dias.

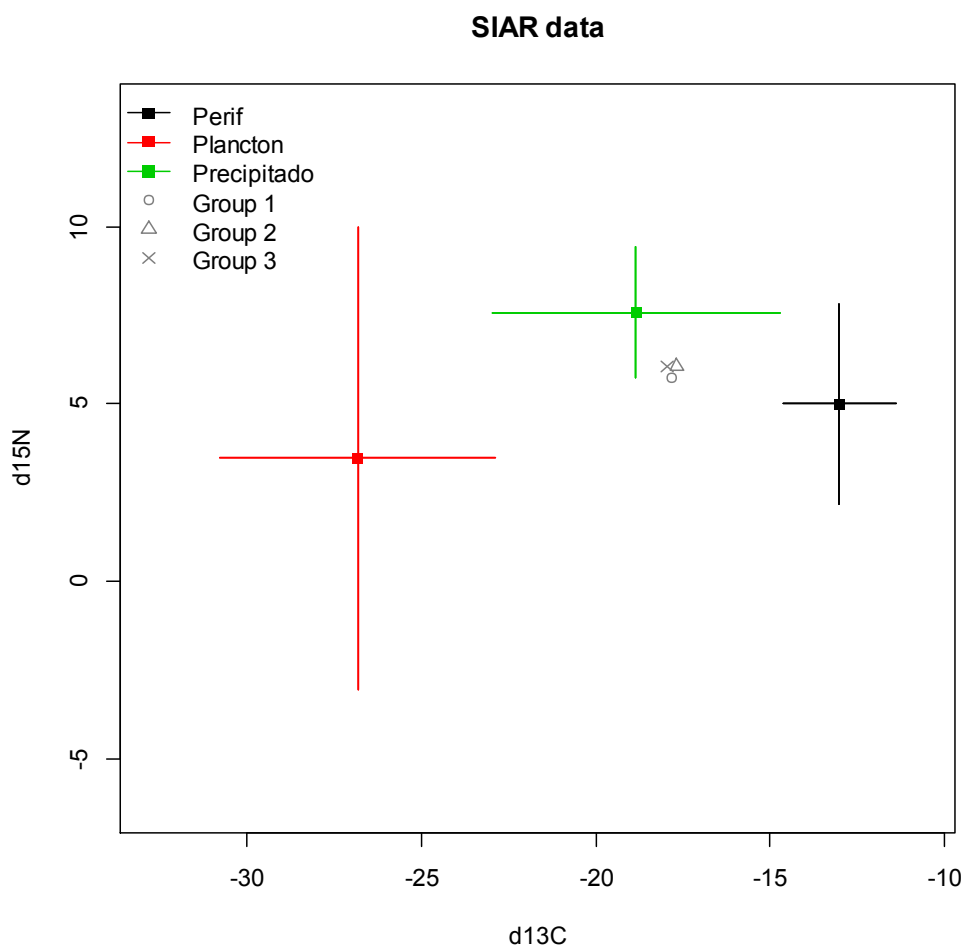


FIGURA 4 - Relação entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos camarões no tratamento 2 (Group 1= sinal isotópico dos camarões aos 20 dias; Group 2= sinal isotópico dos camarões aos 40 dias; Group 3= sinal isotópico dos camarões aos 60 dias.) e das fontes alimentares com os respectivos desvio padrão.

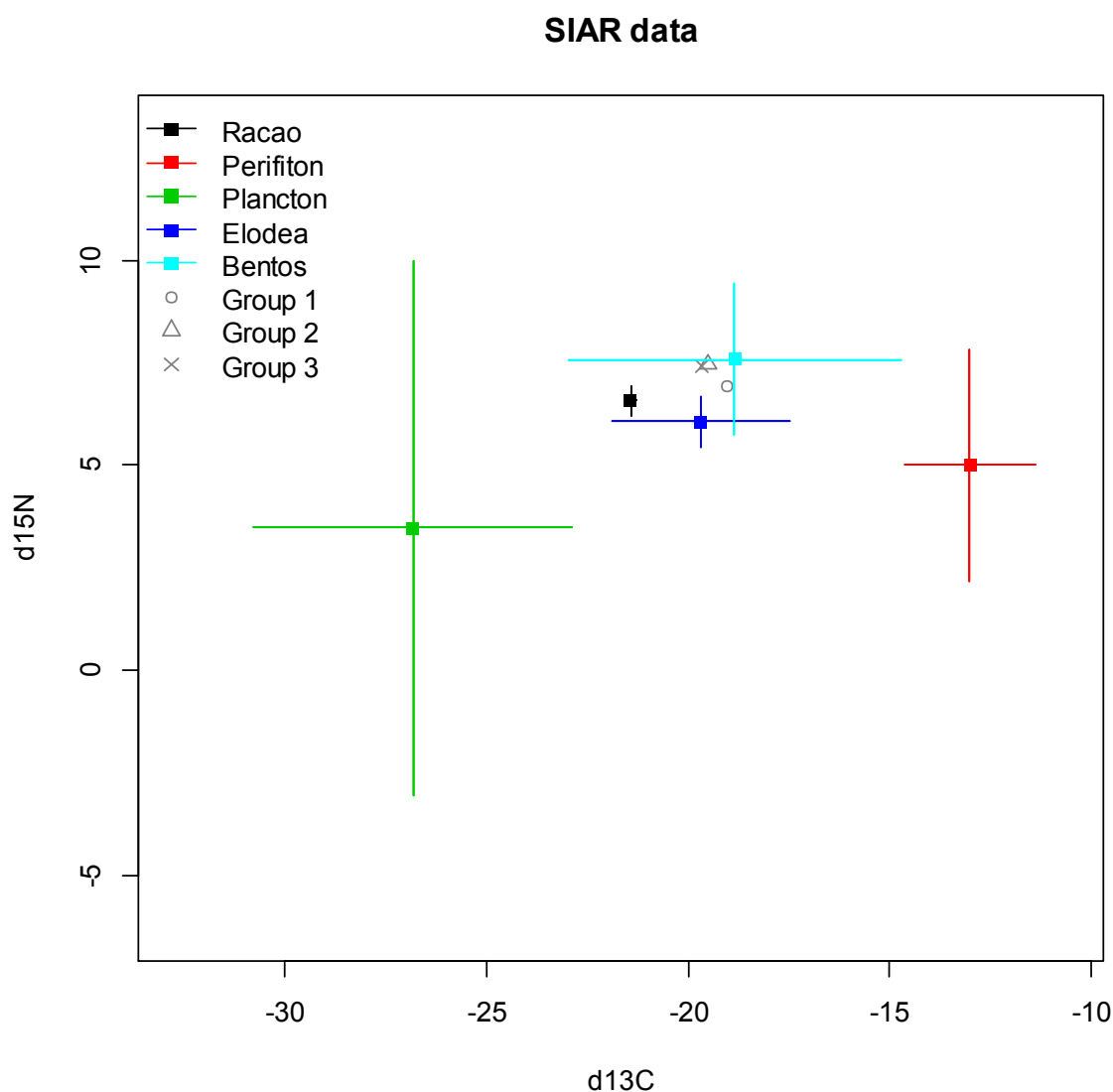


No tratamento 3, que continha a maior diversidade de fontes alimentares disponíveis para os camarões, os organismos bentônicos apresentaram uma contribuição média de 28% e, para todas as outras fontes, a contribuição ficou em torno de 20%, com pequenas variações (Tabela 7; Figura 5).

Tabela 7: Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes no tratamento 3

|               | G1     |        |       | G2     |        |       | G3     |        |       |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|               | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média |
| Ração (%)     | 00     | 39     | 20    | 00     | 36     | 18    | 00     | 37     | 18    |
| Perifiton (%) | 01     | 36     | 21    | 00     | 35     | 19    | 00     | 34     | 18    |
| Plancton (%)  | 00     | 28     | 12    | 00     | 34     | 18    | 00     | 34     | 19    |
| Elodea (%)    | 00     | 38     | 19    | 00     | 34     | 16    | 00     | 35     | 17    |
| Bentos (%)    | 02     | 49     | 28    | 01     | 54     | 28    | 01     | 52     | 28    |

FONTE o autor (2016). G1=camarões aos 20 dias; G2= Camarões aos 40 dias; G3= Camarões aos 60 dias.



FONTE o autor (2016). FIGURA 5 – Relação entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos camarões no tratamento 3 (Group 1= sinal isotópico dos camarões aos 20 dias; Group 2= sinal isotópico dos camarões aos 40 dias; Group 3= sinal isotópico dos camarões aos 60 dias.) e das fontes alimentares com os respectivos desvio padrão.

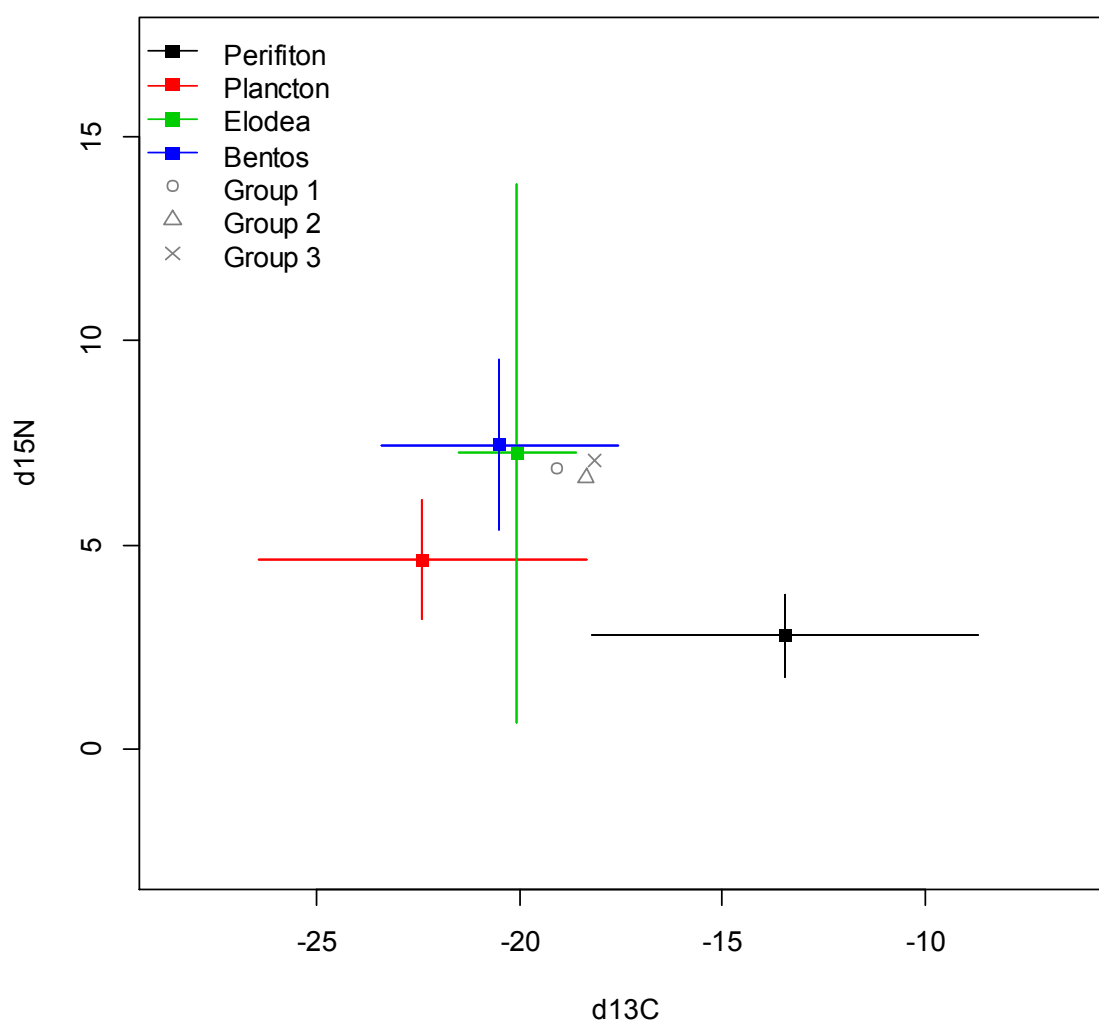
No tratamento 4, a contribuição dos organismos bentônicos variou de 27 a 30%, enquanto macrófitas e perifiton apresentaram valores entre 20 a 26% e 29 a 32%, respectivamente (Tabela 8; Figura 6). Nos tratamentos em que houve disponibilidade de macrófitas, foi registrada uma contribuição entre 16 e 32%.

Tabela 8: : Contribuição percentual mínima, máxima e média das diferentes fontes no tratamento 4

|               | G1     |        |       | G2     |        |       | G3     |        |       |
|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|               | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média | Mínima | Máxima | Média |
| Perifiton (%) | 02     | 36     | 20    | 08     | 42     | 26    | 09     | 43     | 26    |
| Plancton (%)  | 00     | 28     | 19    | 00     | 36     | 17    | 00     | 33     | 15    |
| Elodea (%)    | 05     | 38     | 31    | 04     | 52     | 29    | 08     | 56     | 32    |
| Bentos (%)    | 00     | 49     | 30    | 00     | 54     | 28    | 00     | 54     | 27    |

FONTE o autor (2016). G1=camarões aos 20 dias; G2= Camarões aos 40 dias; G3= Camarões aos 60 dias.

### SIAR data



FONTE o autor (2016). FIGURA 6 – Relação entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  dos camarões no tratamento 4 (Group 1= sinal isotópico dos camarões aos 20 dias; Group 2= sinal isotópico dos camarões aos 40 dias; Group 3= sinal isotópico dos camarões aos 60 dias.) e das fontes alimentares com os respectivos desvio padrão.

## 5 DISCUSSÃO

As variáveis de qualidade de água durante o experimento 1 foram considerados adequadas para a espécie estudada. No segundo experimento, as diferenças na condutividade, oxigênio dissolvido e dureza provavelmente estão relacionadas à variação das comunidades de microrganismos que desenvolveram-se nos diferentes tanques e sua relação com os processos biológicos de fotossíntese e nitrificação (CESAR & ABREU, 2001). Apesar destas diferenças, todos os parâmetros se mantiveram dentro dos limites adequados para o cultivo de *M. amazonicum* descritos por Moraes-Riodades *et al.* (2006), Keppeler e Valenti (2006). No entanto, Sampaio *et al.* (2007) apresentam pequenas variações nesses valores para esta espécie, por descrever os locais de ocorrência natural da espécie, afirmando ser encontrada em águas com temperatura variando de 27,5 a 31°C, com oxigênio dissolvido de 4,6 a 6,1 mg/L e pH de 7,4 a 8,4. Timmons *et al.* (2002) recomendam níveis de amônia total menores que 3 mg/L e nitrito abaixo de 1mg/L em aquicultura de águas quentes. Dutra *et al.* (2016<sup>c</sup>) determinaram a concentração de amônia total de 2,165 mg/l como nível de segurança para juvenis de *M. amazonicum* e Dutra *et al.* (2016<sup>a</sup>) determinaram a concentração de nitrito em 0,85 mg/l como nível de segurança para juvenis da mesma espécie. New (2002) recomenda a faixa de 20 a 60 mg/L de CaCO<sub>3</sub> para *M. rosenbergii*. Tendo em vista que foram respeitados esses parâmetros, os dados observados neste experimento podem ser considerados adequados para a espécie.

Os valores de fracionamento isotópico estão dentro do intervalo descrito por Peterson e Fry (1987) para organismos aquáticos, que varia de 0 a 1 ‰ para carbono e de 0 a 4‰ para nitrogênio. Yokoyama *et al.* (2005), revisando estudos realizados com organismos aquáticos, encontraram valores de -3,7 a 8,7 ‰ para Carbono e de -0.7 a 5.8 ‰ para Nitrogênio. McCutchan *et al.* (2003) revisaram os valores de fracionamento isotópico apresentados em diversos estudos e demonstraram que os fracionamentos de carbono  $\delta^{13}\text{C}$  podem variar entre -2,7 e 3,4 ‰ e para  $\delta^{15}\text{N}$  a variação pode ser de -0,8 a 5,9 ‰, demonstrando que o fracionamento pode ser bem mais variável do que os valores sugeridos por Peterson & Fry (1987). Fry *et al.* (1999) afirmam que esse fracionamento pode variar entre as espécies de acordo com a posição trófica. Segundo Ben-David e Schell (2001) o fracionamento também pode variar de acordo com o tipo e a composição da dieta.

Além disso, estudos realizados por Post (2002) e Smit (2001), tanto em laboratório como em ambientes naturais, indicam que o fracionamento isotópico do carbono não é constante e depende da qualidade nutricional da dieta.

Para tentar explicar a possível relação entre o fracionamento isotópico e a qualidade do alimento, Fantle *et al.* (1999) criaram um modelo conceitual, onde caranguejos com rápido crescimento corporal se alimentam com fontes nutricionalmente ricas em energia, metabólitos ativos e aminoácidos para biossíntese de novos tecidos. Por ser uma dieta rica em carbono, este é incorporado ao novo tecido sintetizado e o  $\delta^{13}\text{C}$  se assemelha ao do alimento ingerido. Já o crescimento lento, induzido por uma dieta pobre em proteínas, causaria um fracionamento maior do carbono e um valor de  $\delta^{13}\text{C}$  mais pesado que sua dieta, pois a baixa qualidade da fonte alimentar levaria ao catabolismo das proteínas e lipídios da reserva dos tecidos do caranguejo para manter as necessidades metabólicas básicas. McCutchan *et al.* (2003) afirmam que antes de serem feitas estimativas da contribuição alimentar das potenciais fontes de alimento, é necessário quantificar o fracionamento isotópico que ocorre durante a absorção destes alimentos pelo organismo consumidor, pois estimativas errôneas para o fracionamento dos isótopos podem levar a conclusões equivocadas em relação as contribuições das possíveis fontes alimentares que um determinado organismo utiliza. Desta forma acreditamos que o cálculo dos valores realizado a partir dos resultados encontrados no experimento 1 confere uma maior confiabilidade para as estimativas de contribuição das fontes alimentares realizadas no experimento 2. Além disso, os dados derivados do desempenho zootécnico dos camarões submetidos a diferentes disponibilidades de fontes também reforçam a importância dos alimentos disponíveis para o ganho de biomassa dos camarões, uma vez que pode-se observar que a restrição ao acesso à ração limitou o ganho de biomassa dos camarões.

No presente estudo, observamos os melhores resultados de comprimento final e ganho de peso no tratamento com adição de substrato e macrófita e com fornecimento de ração. O pior desempenho é observado no tratamento sem fornecimento de ração e sem substrato. Kimpara (2011) obteve resultados de  $3,80 \pm 0,16$  gramas após 3,5 meses de cultivo de *M. amazonicum*, resultado muito próximo ao obtido no tratamento T3, que contava com adição de ração e acesso às fontes naturais. Os resultados do tratamento sem substrato e com fornecimento de

ração estão próximos ao encontrado por Dutra *et al.* (2016<sup>b</sup>), que obteve peso final variando de  $1,86 \pm 0,28$  a  $2,50 \pm 0,09$  g e comprimento de  $5,03 \pm 2,19$  a  $6,73 \pm 0,90$  cm, em trabalho com diferentes densidades para *M. amazonicum* em sistemas de recirculação em tanques de polipropileno e com fornecimento de ração, delineamento com condições semelhantes ao do referido tratamento. Dutra *et al.* (2016<sup>d</sup>), trabalhando a mesma espécie em cercados instalados em tanques de terra, obtiveram peso final de  $4,83 \pm 1,03$  g e  $8,42 \pm 0,51$  cm de comprimento para o tratamento com ração e  $4,43 \pm 0,93$  g e  $8,03 \pm 0,43$  cm de comprimento para o tratamento sem ração, não encontrando diferenças estatísticas no desempenho dos animais que tiveram oferta de ração em sua dieta em relação àqueles que só contavam com o alimento natural. Uma possível explicação para a diferença entre os resultados desses dois trabalhos pode estar relacionada com o ambiente onde foram realizados os experimentos: o presente trabalho foi realizado em tanques isolados, que não permitiam o recrutamento contínuo de fontes naturais de alimentação para os camarões, como ocorreu nos cercados localizados nos tanques de terra do experimento realizado por Dutra *et al.* (2016<sup>d</sup>). Este efeito do recrutamento de fontes de alimento natural também foi mencionado por Soares *et al.* (2004) em um experimento realizado com camarões marinhos criados em cercados instalados no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil.

A sobrevivência dos camarões no período do estudo foi superior aos valores relatados por Wichins e Lee (2002), que encontraram sobrevivências de 40 a 60 % em cultivos semi-intensivos em viveiros escavados para o gênero *Macrobrachium*. Valores próximos aos encontrados no presente estudo foram reportados por Souza *et al.* (2009) em trabalho de policultivo com *M. amazonicum* e *Oreochromis niloticus*, com sobrevivência entre 71,5 e 77%. Preto *et al.* (2008) testaram o fornecimento de ração em bandejas para *M. amazonicum* e registraram sobrevivência média de 85,8%. Moraes e Valenti (2007) observaram sobrevivências acima de 60% para *M. amazonicum* cultivados por cinco meses e meio em densidades de 10 e 80 camarões por m<sup>2</sup>, com peso médio de 7,0 e 3,6 g, respectivamente. Comparando os resultados do presente estudo com os dados bibliográficos, podemos afirmar que a faixa de sobrevivência encontrada está de acordo com os dados previamente registrados. A menor sobrevivência foi registrada no tratamento T3, onde os camarões atingiram maior crescimento e ganho de peso. Estes valores provavelmente estão relacionados com a maior biomassa de camarões por unidade

de área, fato que já foi reportado em outros estudos com esta espécie (MORAES e VALETI, 2007; DUTRA *et al.* 2016<sup>b</sup>).

De maneira geral podemos afirmar que as diferenças na disponibilidade de fontes alimentares influenciaram diretamente no desempenho zootécnico dos camarões. Nos resultados zootécnicos observa-se que no tratamento T1 o crescimento em tamanho e biomassa dos camarões foi maior, o que pode significar que, mesmo a contribuição percentual da ração sendo menor, de alguma forma o fornecimento de ração proporcionou um melhor desempenho zootécnico dos camarões, quer seja pelo seu consumo direto ou pelo estímulo que as sobras de alimento podem ter causado ao desenvolvimento do alimento natural presente no ambiente de produção e enriquecimento qualitativo nessas fontes. Estudos com camarões demonstraram que estes crustáceos absorvem cerca de 18 a 30% do alimento ingerido (FUNGE SMITH e STWEART; 1996, BARBIERI e OSTRENSKY, 2002), o restante torna-se uma boa fonte de carbono e nitrogênio para produtores primários. Desta forma podemos inferir que as sobras de ração contribuíram para o aumento da qualidade nutricional do material precipitado e do perifiton, aumentando sua contribuição para o ganho de biomassa dos camarões. Estudos prévios com o camarão marinho *Farfantepenaeus paulensis* já haviam demonstrado a importância do perifiton para o crescimento dos camarões (BALLESTER *et al.* 2007; ABREU *et al.* 2007). Da mesma forma Burford *et al.* (2004) demonstraram a importância da contribuição do perifiton para pós-larvas de *Penaeus esculentus*. Observando os resultados encontrados para o tratamento T3, que continha a maior diversidade de fontes alimentares disponíveis para os camarões, notamos que os organismos bentônicos apresentaram maior contribuição em relação às outras fontes. No tratamento T4, o qual tinha as mesmas fontes disponíveis no tratamento T3, exceto pela ração, observamos que a contribuição dos organismos bentônicos permanece praticamente inalterada, enquanto macrófitas e perifiton crescem em importância para o desenvolvimento dos camarões. Em um estudo com o camarão marinho *F. paulensis* criado em cercados com ou sem suprimento de ração, Ballester (2008) determinou uma contribuição de 37 a 54 % para os organismos bentônicos, ou seja, valores superiores aos reportados no presente estudo. Entretanto, o estudo foi realizado em cercados instalados em uma região estuarina, o que permitia o recrutamento de organismos bentônicos e provavelmente contribuiu para uma maior representatividade da contribuição destes organismos para o ganho de biomassa

dos camarões. Por outro lado, a contribuição das comunidades microbianas presentes no perifiton e sedimento superficial, quando houve o oferecimento de ração, foi de no máximo 22,6 % enquanto no tratamento que não houve o fornecimento de ração esta contribuição subiu para até 50%, fato semelhante ao encontrado no presente estudo, em que foi constatado um aumento da importância da contribuição das comunidades microbianas do perifiton quando não havia o suprimento de ração.

Soares *et al.* (2008) avaliaram o crescimento de *F. paulensis* alimentados com diversas plantas aquáticas encontradas em estudos de conteúdo estomacal da espécie. Estes autores observaram que, com estas fontes de alimento, quase não havia crescimento dos camarões e que o pequeno crescimento encontrado estava provavelmente associado ao perifiton que cresce sobre as plantas. Essa hipótese foi reforçada por Ballester (2008), avaliando as fontes alimentares para *F. paulensis* utilizando a técnica de isótopos estáveis, que encontrou baixas contribuições para material de origem vegetal, evidenciando a baixa capacidade dessa espécie em digerir celulose. Já para camarões de água doce, Padovani (1992), em estudos para determinar as fontes autotróficas de alimento de três espécies de camarão em lagos de várzea da Amazônia central, determinou que 85,3% do carbono encontrado nessas espécies era proveniente de plantas.

Uma parcela importante de contribuição de macrófitas foi observada no presente estudo. Esta contribuição das fontes vegetais está de acordo com os resultados encontrados por Rocha (2016), que identificaram enzimas presentes no hepatopâncreas de *M. amazonicum*, dentre elas as celulasas, destacando-se a ocorrência das enzimas Endo-beta-mannanase e Beta-endoglucanase, o que demonstra que *M. amazonicum* apresenta capacidade de digestão de celulose, evidenciada pelo hábito alimentar da espécie, havendo relatos da presença frequente de fibras vegetais no conteúdo estomacal do camarão-da-Amazônia (AGUIAR 2016; KENSLEY e WALKER 1982; MELO e NAKASAKI 2013; SAMPAIO *et al.* 2008; SOUZA *et al.* 2007). Além disso, Rocha (2016) também identificou outras classes de enzimas como amilases, proteases e quitinases, demonstrando a capacidade destes camarões em aproveitar diversas fontes alimentares. Fantle *et al.* (1999) afirma que a disponibilização de proteínas e aminoácidos presentes na ração leva a um enriquecimento das fontes alimentares com a adição de carbono e nitrogênio no sistema. Isto pode ser observado na comparação dos tratamentos T1 e



T4, onde T1, com o fornecimento de ração, obteve um ganho de biomassa muito maior, já que os nutrientes necessários e exigidos pela espécie foram melhor supridos.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados de contribuição das fontes alimentares encontrados no presente estudo, considerando sua disponibilidade e estimativa de contribuição para o ganho de biomassa, reforçam as conclusões de estudos anteriores sobre a onivoria dos camarões e da sua plasticidade no uso das fontes alimentares. Merecem destaque a contribuição de organismos bentônicos e o fornecimento de ração que, nas condições experimentais, foi fundamental para o melhor desempenho zootécnico dos juvenis de *M. amazonicum*, quer seja pelo seu consumo direto ou pelo enriquecimento na qualidade das outras fontes de alimento disponíveis. Por outro lado, nos tratamentos onde não houve disponibilidade de organismos bentônicos e ração, a contribuição das comunidades de microrganismos presentes no plâncton, perifiton e material precipitado foram maiores.

Estimar as contribuições efetivas das fontes alimentares pode ajudar na elaboração de dietas mais adequadas para a espécie, aumentando a produtividade, diminuindo custos e reduzindo o impacto ambiental da liberação de substâncias não aproveitadas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, P.C., BALLESTER, E.L.C., ODEBRECHT, C., WASIELESKY, W., CAVALLI, R.O., WILHERM, G., ANESIO, A. (2007) Importance of biofilm as food source for shrimp (*Farfatepenaeus paulensis*) evaluated by stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ ). **J Exp Mar Biol Ecol** 347:88–96
- AGUIAR, F. P. 2016, Dinâmica Populacional e Habitos alimentares de *Macrobrachium* Sob a Influência de Barragens, Dissertação (Mestrado Acadêmico) Programa de Pos Graduação em Ecologia Aplicada. Universidade Federal de Lavras, Lavras MG. 2016
- BARBIERI, RC & A. OSTRENSKY. 2002. Camarões marinhos – engorda. Viçosa, **Aprenda Fácil**. 370p
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. Pond Aquaculture Water Quality Management. Boston: Kluwer, 1998. 700p.

BALLESTER, E. L. C. Contribuição dos microorganismos para a alimentação do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (CRUSTACEA: DECAPODA) em sistemas de cultivo e no estuário da lagoa dos patos. 2008. 73f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2008.

BEN-DAVID, M., e SCHELL, D. M. 2001. Mixing models in analyses of diet using multiple stable isotopes: a response. **Oecologia** 127:180–184.

BUFORD, M. A.; MELONY, J. S.; STUART, J. A.; SANDY, J. K.; PETER, J. C. e NIGEL, P. P., Contribution of the natural biota associated with substrates to the nutritional requirements of the post-larval shrimp, *Penaeus esculentus* (Haswell), in high-density rearing systems. **Aquaculture Research**, 2004, 35, 508-515.

CARDONA, E.; LORGEUX, B.; GEFFROY, C.; RICHARD, P.; SAULNIER, D.; GUEGUEN Y.; GUILLOU G. e CHIM L., 2015, Relative contribution of natural productivity and compound feed to tissue growth in blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) reared in biofloc: Assessment by C and N stable isotope ratios and effect on key digestive enzymes. **Aquaculture** 448 (2015) 288-297.

CESAR, D. E. & ABREU, P. C. 2001 Ecology of aquatic microorganisms in Southern Brazil. State of art. Pp. 153 – 172, in: FARIA, B. M; FARJALL, V. F. (eds). Aquatic Microbial Ecology in Brasil. **Series Oecologia Brasiliensis**. Vol IV PPGE –UFRJ Rio de Janeiro - Brasil

COMAN, F. E. *et al.* Food sources of the sergestid crustacean, *Acetes sibogae*, in shrimp ponds. **Aquaculture**, v. 259 p. 222-253. 2006.

DUCATTI, C. Aplicação dos isótopos estáveis em aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 1-10, 2007.

DUTRA, F. M.; FREIRE, C. A.; SANTOS, A. M. V.; FORNECK, S. C.; BRAZÃO, C. C.; BALLESTER, E. L. C., (2016<sup>a</sup>) Acute Toxicity of Nitrite to Various Life Stages of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*, Heller, 1862, **Bull Environ Contam Toxicol** (2016) ,DOI: 10.1007/s00128-016-1932-2

DUTRA, F. M.; BORGES NETO, P. G.; FORNECK, S. C.; BALLESTER, E. L. C. (2016<sup>b</sup>). Desempenho zootécnico de juvenis de *Macrobrachium amazonicum* sob diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca / Brazilian Journal of Fishing Engineering**, v. 9, p. 27-36, 2016.

DUTRA, F. M.; FORNECK, S. C.; BRAZÃO C. C.; FREIRE C. A.; BALLESTER, E. L. C., (2016<sup>c</sup>); Acute toxicity of ammonia to various life stages of the Amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, Heller, 1862. **Aquaculture (Amsterdam)**, v. 453, p. 104-109, 2016.

DUTRA, F. M.; MORETTO, Y.; PORTZ L. e BALLESTER, E. L. C., (2016<sup>d</sup>) Pen culture of *Macrobrachium amazonicum*: use of artificial diet and impact of benthic community. **Aquaculture Research**, 2016, 47, 266-275.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Fishstat Plus – [Aquaculture Production: quantities 1950-2010]. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

FANTLE, M. S.; DITTEL, A.I.; SCHWALM, S.M.; EPIFRANIO, C.E.; FOGEL, M.L. (1999) A food web analysis of the juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*, using stable isotopes in whole animals and individual amino acids. *Oecologia* 120:416–426  
 POST, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions. **Ecology** 83: 703–718.

FRY, B.; MUNDFORD, P. L.; TAM, F.; FOX D. D.; WARREN, G.L.; HAVENS K.E. e STEINMAN, A. D. 1999. Trophic position and individual feeding histories of fish from Lake Okeechobee, Florida Can. J. Fish. **Aquat. Sci.** 56: 590–600 (1999).

FRY, B. 2003. Steady state models of stable isotopic distribution. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 39: 219-232.

FRY, B. 2006. Stable isotope ecology. **Springer**, New York, USA. 308pp.

FUNGE-SMITH, S. e STEWART, J. 1996. Coastal aquaculture: identification of social, economic and environmental constraints to sustainability with reference to shrimp culture. In: Coastal aquaculture and environment: strategies for sustainability. Institute of aquaculture, University of Stirling, Scotland

GAMBOA-DELGADO, J.; LE VAY L. (2009) Nitrogen stable isotopes as indicators of the relative contribution of soy protein and fish meal to tissue growth in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed compound diets. **Aquaculture** 291, 115-123.

GAMBOA-DELGADO, J.; ROJAS-CASAS, M. G.; NIETO-LÓPEZ, M. G. e CRUZ-SUÁREZ, L. E. 2013. Simultaneous estimation of the nutritional contribution of fish meal, soy protein isolate and corn gluten to the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using dual stable isotope analysis. **Aquaculture** 380-383:33-40. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.11.028.

GROOT, P. A. (2004) Handbook os stable isotope analytical techniques, **Elsevier**, Amsterdam. 1224p

HAHN, N.S. *et al.* Aspectos da alimentação do armado, *Pterodoras granulosus* (Ostariophysi, Doradidae) em distintos ambientes do Alto Rio Paraná. **Revista Unimar, Maringá**, v. 14, 1992, p.163-176.

JUNGER, H.; KOTRSCHOR, K.; GOLDSCHMID, A. Situs, relative length and mucosal surface structure of the gut in European Cyprinids. Lagerun relative laeng

und oberflächenstruktur der schleimhaut des darmes heimischer Karpfenf. (Teleostei, Cyprinidae). **Oesterr Fish**, v. 41(5-6).102p.1988.

KENSLEY, B. e WALKER, I. (1982) Palaemonid Shrimps from the Amazon Basin, Brazil (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithson. Contrib. to Zool.* 362, 1–27.

KEPPELER, E. C.; VALENTI, W. C., (2006) Effects of selective harvest of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum*, on pond water, sediment and effluent. **Acta Limnologica Brasiliensia** 18: 109-119.

KIMPARA, J. M.; ROSA, F.R.T.; PRETO, B.L. e VALENTI, W. C., 2011. Limnology of *Macrobrachium amazonicum* grow-out ponds subject to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. **Aquaculture Research**, 42(9):1289-1297. doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02717.

MELO, M. S.; NAKAGAKI, J. M., Evaluation of the feeding habits of *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) in the Curral de Arame stream (Dourados/Mato Grosso Do Sul, Brazil). **Nauplius** 21(1): 25-33, 2013.

MORAES-VALENTI, P. M. C. e VALENTI, W. C. 2007. Effect of intensification on grow out of the amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, 38(4):516-526.

MACIEL, C. R.; VALENTI, W. C. Biology, Fisheries, and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. **Nauplius**, v. 17(2). P. 61-79, 2009.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Dorset, **Freshwater Biol. Ass.** 121p.

MARQUES, H.L.A. & MORAES-VALENTI, P. M. C. 2012. Current status and prospects of farming the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) and the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862)) in Brazil, **Aquac Res** 2012, 43, 984–992

MORAES-RIODADES, P. M. C. & VALENTI, W. C. 2001. Freshwater prawn farming in Brazilian Amazonia shows potential for economic and social development. **Global Aquaculture Advocate**, 4(5): 73-74.

MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W.C. 2010. Culture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*. In M.B. New, W.C. Valenti, J.H. Tidwell, L.R. D'bramo, and M.N. Kutty, editors. *Freshwater prawns; Biology and farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, p. 485–501.

MORETTI, V. M.; TURCHINI, G. M.; BELLAGAMBA, F., e CAPRINO, F., (2003). Traceability issues in fishery and aquaculture products. **Veterinary Research Communications**, 27(1), 497–505.

NEW, M. B.; SINGHOLKA, S. e KUTTY, M. N. 2000. Prawn capture fisheries and enhancement. In: NEW, M. B. e VALENTI, W.C. (Eds.) Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, **Blackwell Science**. p. 411-428.

NEW, M. B. 2002. Farming freshwater prawns. A manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper. No. 428. Rome, FAO. 212 p.

NEW, M. B. *et al.* Sustainability of Freshwater Prawn Culture. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H.; D'ABRAMO, L. R.; KUTTY, M. N. Freshwater Prawns: Biology and Farming. 1. ed. New Delhi, India: Blackwell Publishing Ltd, 2010. p. 524-530.

NUNES, A. J. P.; GESTEIRA, T. C. V.; GODDARD, S. Food ingestion and assimilation by the Southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semiintensive culture in NE Brazil. **Aquaculture**, v. 149. p.121-136. 1997.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W., Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo. **Guaíba: Agropecuária**, 211 p, 1998.

PADOVANI, C. R., 1992. Determinação das fontes autotróficas de carbono para camarões em um lago de várzea da Amazônia Central utilizando isótopos estáveis de Carbono. M.Sc. Thesis Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 72 pp.

PARNELL, A. C., INGER R., BESRHOP, S. e JACKSON, A. L. 2010. Source Partitioning Using Stable Isotopes: Coping with Too Much Variation. PLoS ONE 5(3): e9672. doi:10.1371/journal.pone.0009672

PETERSON, B. J.; Fry, B., 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annu. Rev. Ecol. Syst.** 18, 293–320

PHILLIPS, D. L. e GREGG, J. W. 2003. Source partitioning using stable isotopes: coping with too many sources. **Oecologia**. Springer-Verlag, New York, NY 136:261–269.

PRETO, B. L.; PIZZATO, G. M.; VALLENTI, W. C. 2008. Uso de bandejas de alimentação na fase de engorda do camarão-da-amazônia, *macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 34(1):125-130.

PRESTON, T., (1992), The measurement of stable isotope natural abundance variations, **Plant, Cell and Environment** 15, 1091.

ROCHA, C. P. Prospecção de Genes Putativos para Enzimas Digestivas a Partir de uma Biblioteca de cDNA do Hepatopâncreas de *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, BRAGANÇA-PA 2016. 86pp

SAMPAIO, C. M. S.; SILVA, R. R.; SANTOS, J.A.; SALES S. P. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). **Braz J Biol.** 67:551–559

SAMPAIO, C. M. S.; SOARES-FILHO, A. A.; ARAÚJO-NETO, M. P.; FEITOSA, L. S.; SILVA, L. P. e CHAVES, E. C. (2008) Conteúdo do trato digestório de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae) capturado em ambiente natural. In: Abstracts of Aquacultura 2008, Maringá. p. np.

SAMPAIO, S. R. *et al.* Camarões de águas continentais (Crustacea, Caridea) da Bacia do Atlântico oriental paranaense, com chave de identificação tabular. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 38 (1-2). p. 11-34, 2009.

SCHWAMBORN, R.; CRIALES, M.M. (2000) Feeding strategy and daily diet of juvenile pink shrimp (*Farfantepenaeus duorarum*) in South Florida seagrass bed. **Mar Biol** 137:139–147.

SHIMODA, K. *et al.* Food sources for three species of *Nihonotrypaea* (Decapoda: Thalassinidea: Callinassidae) from western Kyushu, Japan, as determined by 2007 carbon and nitrogen stable isotope analysis. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 342, p. 292–312.

SOARES, R.; PEIXOTO, S.; WASIELESKY, W.; D'INCAO, F.; (2008) Effects of Feeding Plant Material on Growth and Survival of Pink Shrimp *Farfantepenaeus paulensis*, **Atlântica**, Rio Grande, 30(1) 17-22, 2008.

SOUZA, B. E.; STRINGUETTA L. L.; BORDIGNON A. C.; BOHNENBERGER L.; BOSCOLO W. R.; FEIDEN A. 2009. Policultivo do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) com Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações peletizadas e fareladas. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n1, p.225-232.

SUITA, S. M.; BRAGA A.; BALLESTER, E.; CARDOSO A. P.; ABREU P. C. e WASIELESKI W. (2016) Contribution of bioflocs to the culture of *Litopenaeus vannamei* post-larvae determined using stable isotope, **Aquaculture international**, Journal of the Aquaculture International Society, Switzerland, Volume 24, number 5 october 2016.

SUN, Z. *et al.* Application of Stable Isotope Techniques in Studies of Carbon and Nitrogen Biogeochemical Cycles of Ecosystem. **Chinese Geographical Science**, v. 21, n. 2, p. 129-148, 2011.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M.; WEATHON, F. W.; SUMMERFELTS, S. T.; VINCI, B. J. 2002. **Recirculating Aquaculture System**, 2 nd Ed. Ithaca, Cayuga aqua ventures, 769 p.

VALENTI, W.C.; Freshwater prawn culture in Brazil, **WORLD AQUACULTURE-BATON ROUGE**, 1993

VALENTI, W. C. Situação atual, perspectivas e novas tecnologias para produção de camarões de água doce. In: **SIMPOSIÓ BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 12o, Goiânia, 2002. Anais... 2002, p. 99-106.

VALENTI, W.C. 2007. Current status of freshwater prawn culture in Brazil. In: Freshwater prawns: advances in biology, aquaculture & marketing (ed. by C.M. Nair, D.D. Nambudiri, S. Jose, T.M. Sankaran, K.V. Jayachandran and K.R. Salin), pp. 105–110. Allied Publishers, New Delhi;

WALKER. 1978. Water supply, treatment and distribution. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc. 420 p.

WICKINS, J. F; LEE, D. O. 2002. **Crustacean Farming: Ranching and Culture**, 2 nd Ed. Oxford, **Blackwell Science**. 446 p.

YOKOYAMA, H. *et al.* Variability of diet-tissue isotopic fractionation in estuarine macrobenthos. **Marine Ecology Progress Series** v. 296, p. 115-128. 2005.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. Maringá: **Eduem Nupelia**, 1996. 129p.

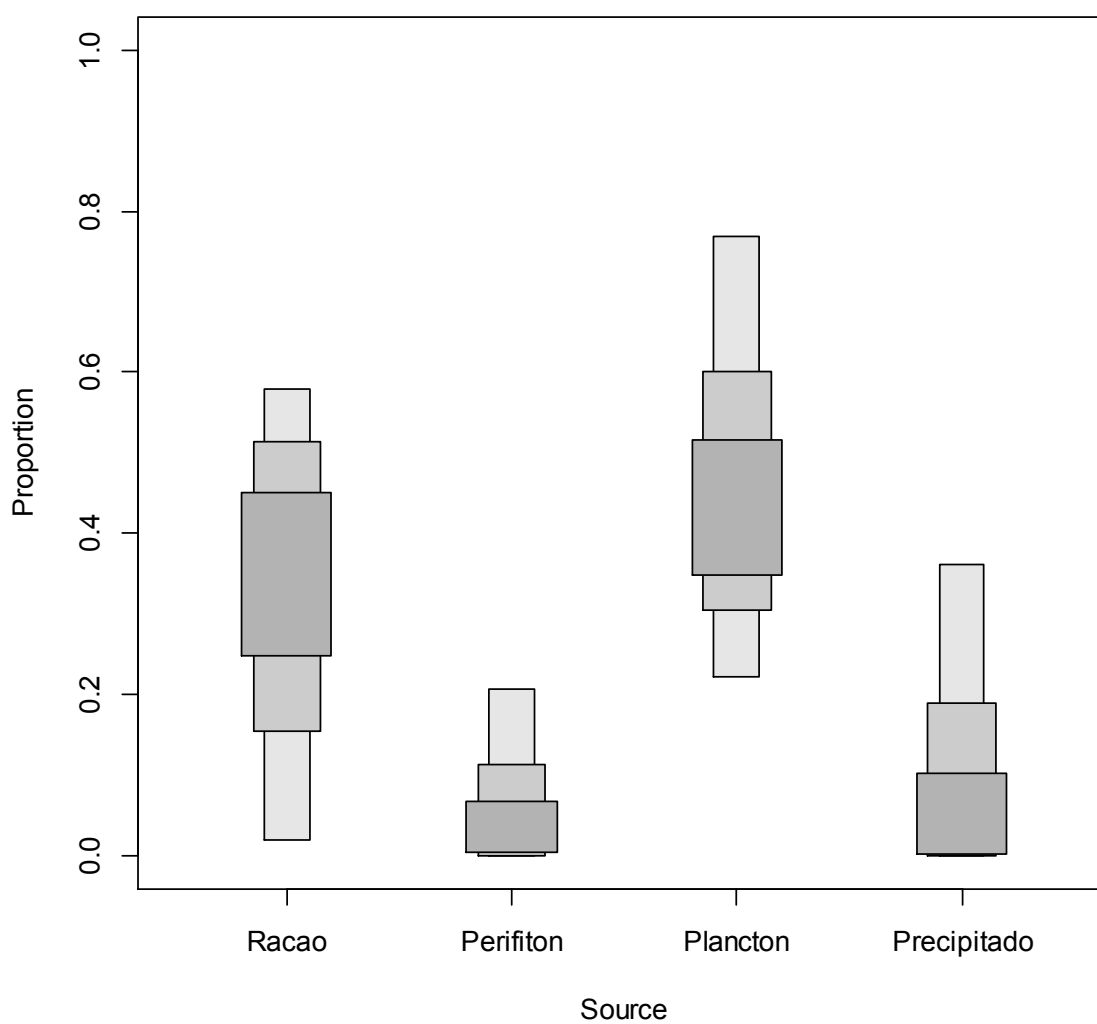
ZAVALA-CAMIN, L.A., 1992. Alimentação de peixes. In AGOSTINHO, A. and BENEDITO-CECÍLIO, E. (Eds). Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil. Maringá: **Editora UEM**. p. 14-18. R

ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá: EDUEM. 129 p, 1996.

**ANEXO A – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS CAMARÕES  
NO TRATAMENTO T1**

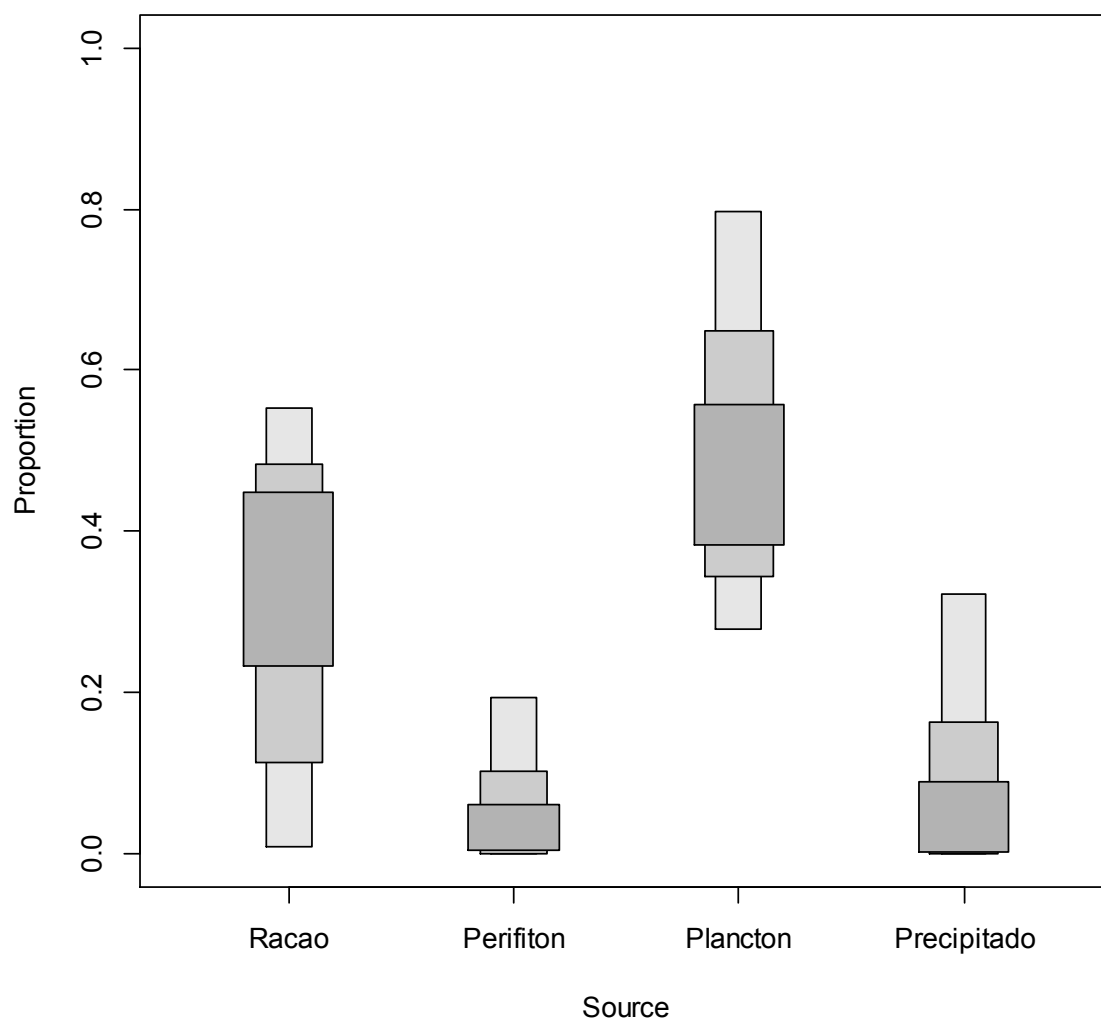
GROUP 1= CONTRIBUIÇÃO AOS 20 DIAS; GROUP 2= CONTRIBUIÇÃO AOS 40 DIAS; GROUP 3=  
CONTRIBUIÇÃO AOS 60 DIAS.

**Proportions by group: 1**

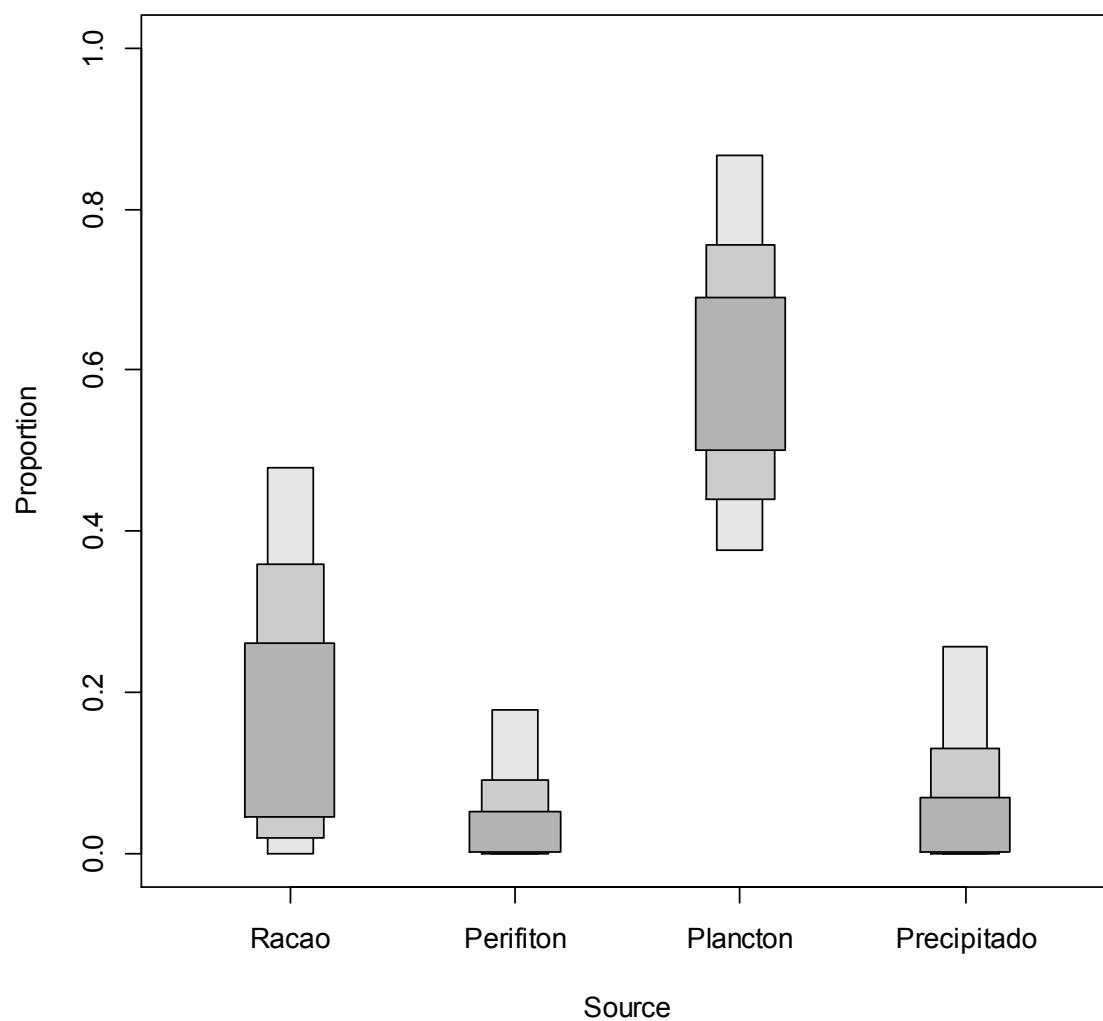


FONTE o autor (2016)



**Proportions by group: 2**

FONTE o autor (2016)

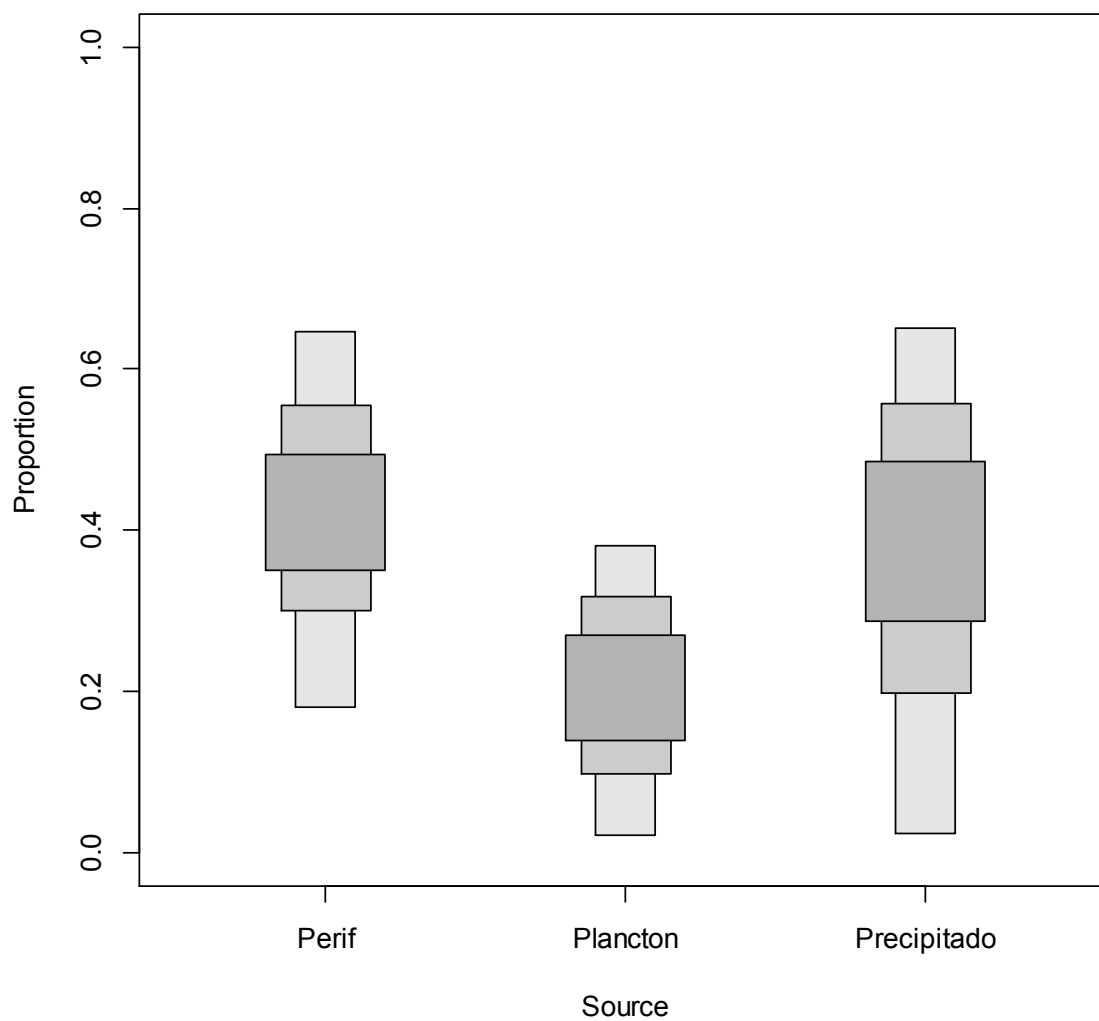
**Proportions by group: 3**

FONTE o autor (2016)

**ANEXO B – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS CAMARÕES  
NO TRATAMENTO T2**

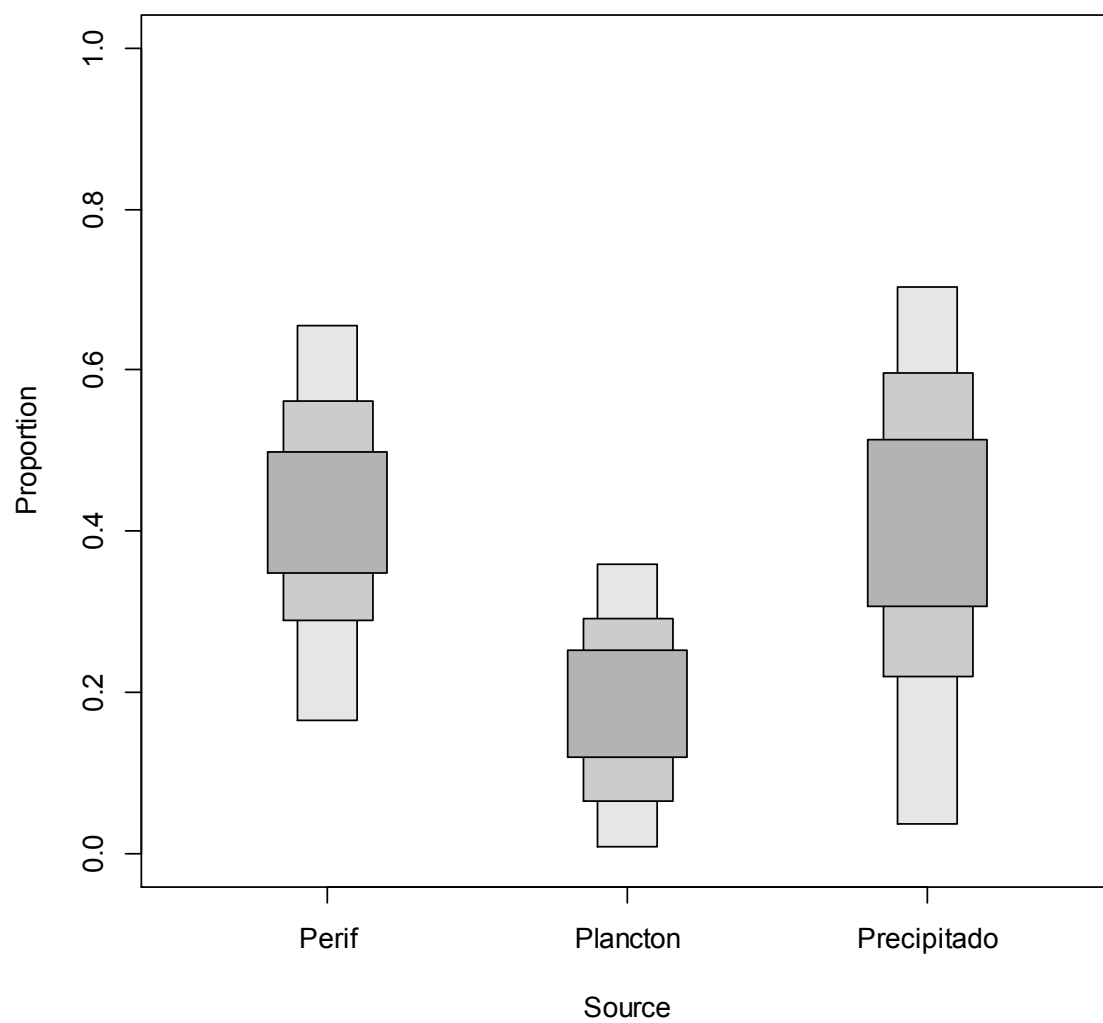
GROUP 1= CONTRIBUIÇÃO AOS 20 DIAS; GROUP 2= CONTRIBUIÇÃO AOS 40 DIAS; GROUP 3=  
CONTRIBUIÇÃO AOS 60 DIAS.

**Proportions by group: 1**

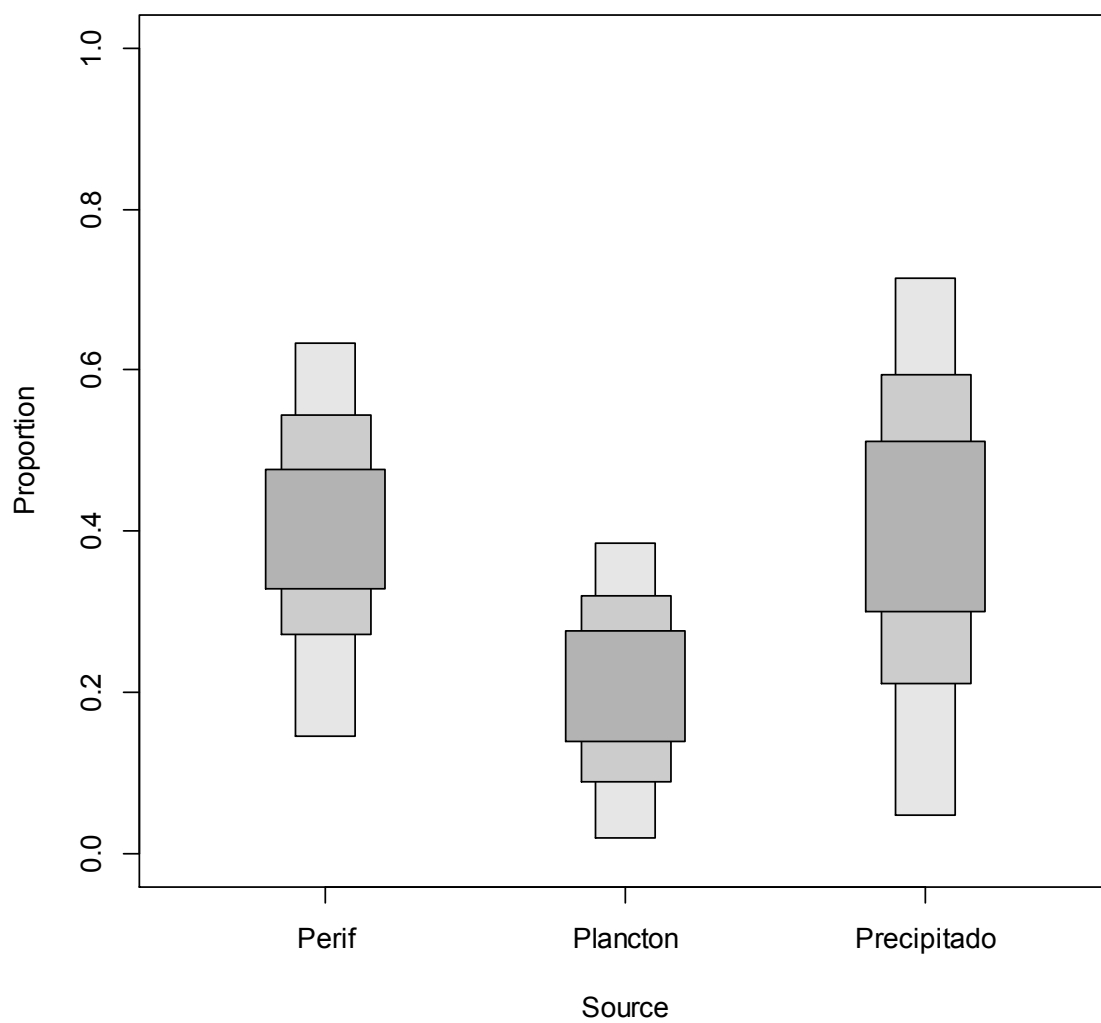


FONTE o autor (2016)

FONTE o autor (2016)

**Proportions by group: 2**

FONTE o autor (2016)

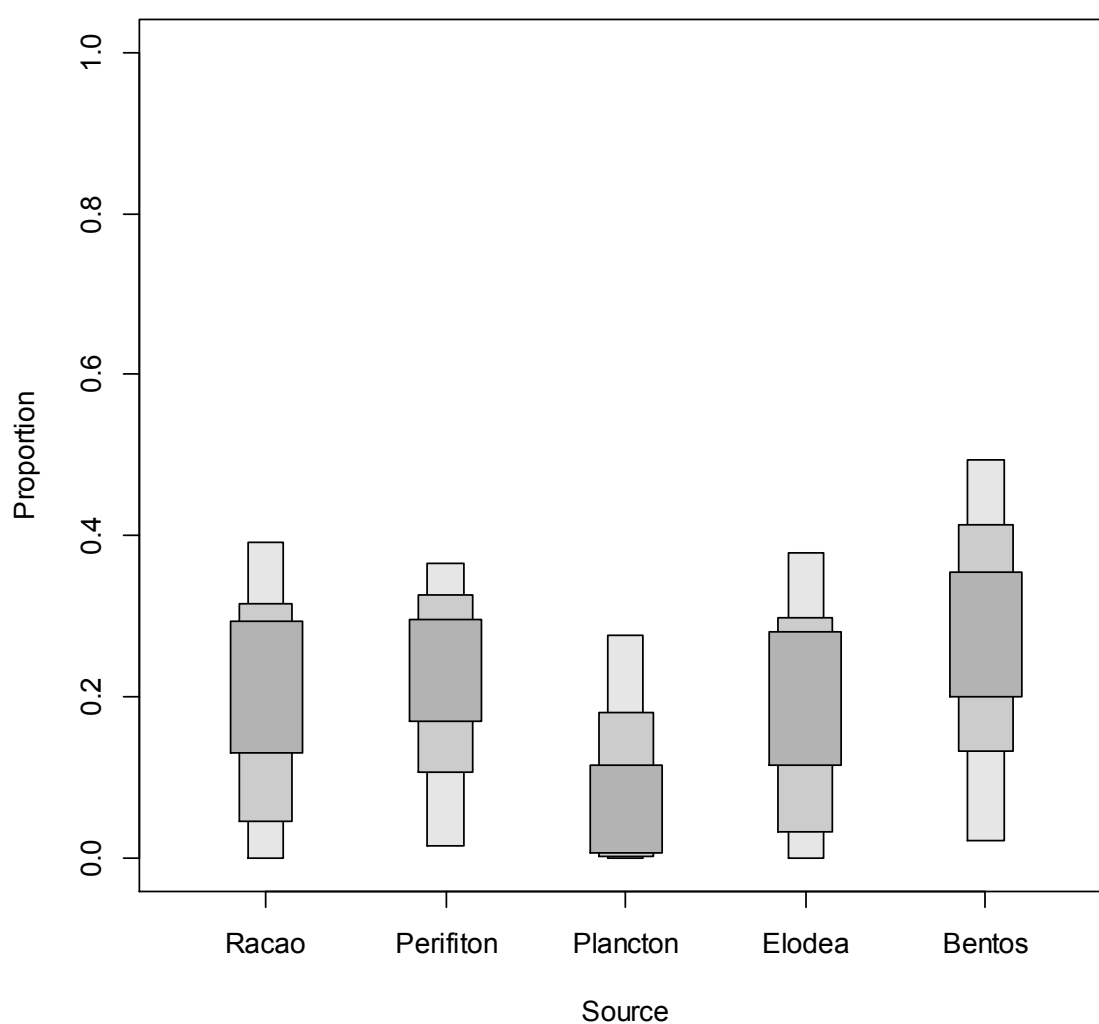
**Proportions by group: 3**

FONTE o autor (2016).

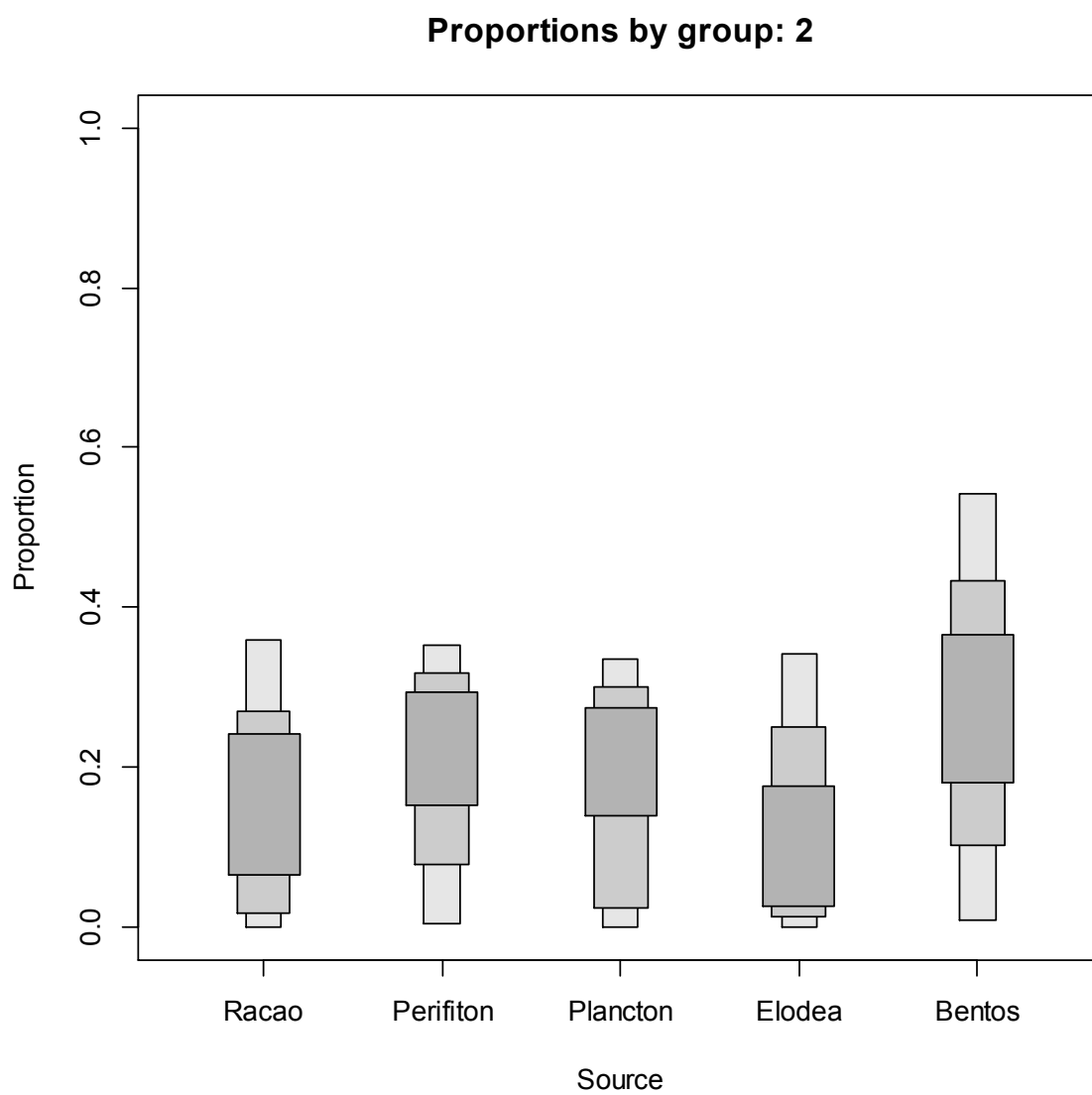
**ANEXO C – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS CAMARÕES  
NO TRATAMENTO T3**

GROUP 1= CONTRIBUIÇÃO AOS 20 DIAS; GROUP 2= CONTRIBUIÇÃO AOS 40 DIAS; GROUP  
3= CONTRIBUIÇÃO AOS 60 DIAS.

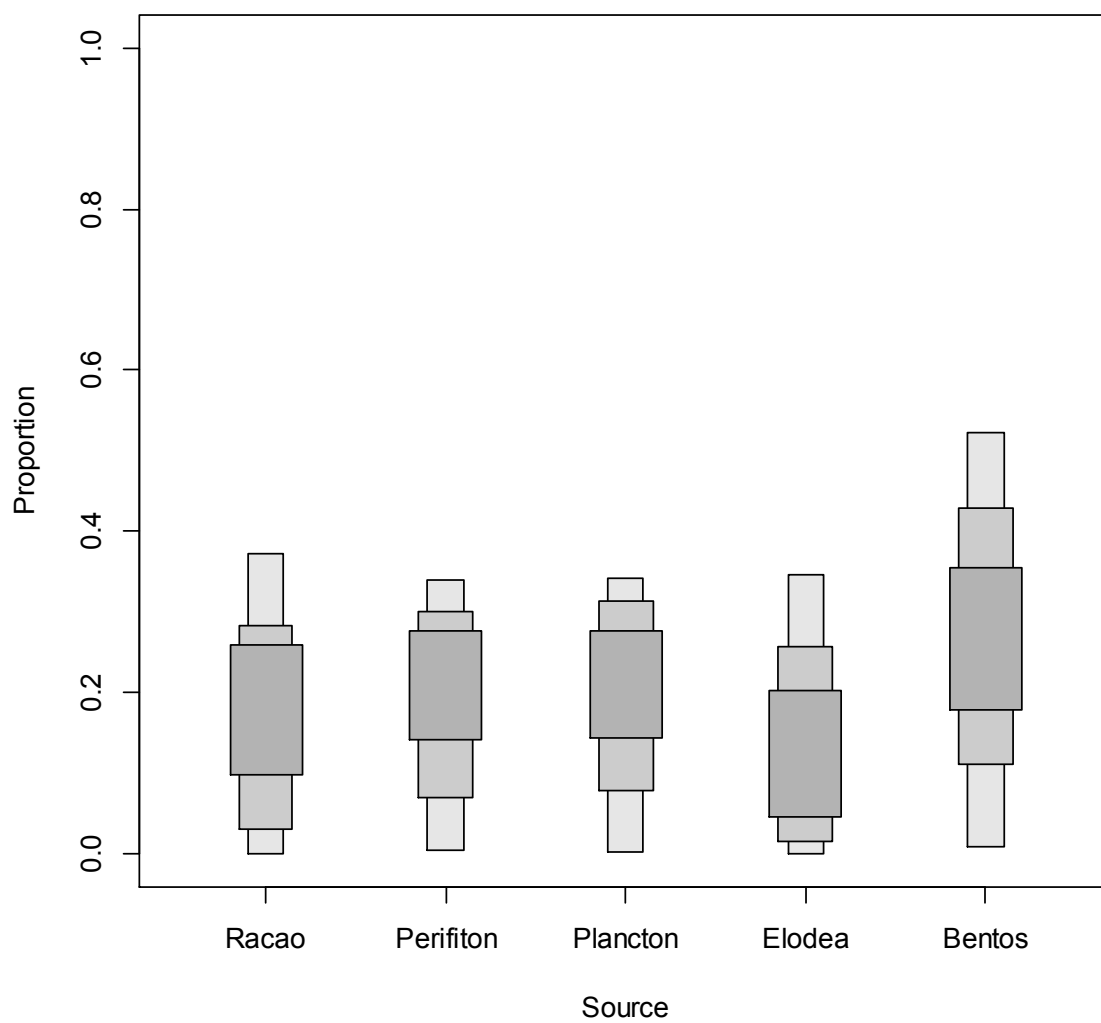
**Proportions by group: 1**



FONTE o autor (2016)



FONTE o autor (2016)

**Proportions by group: 3**

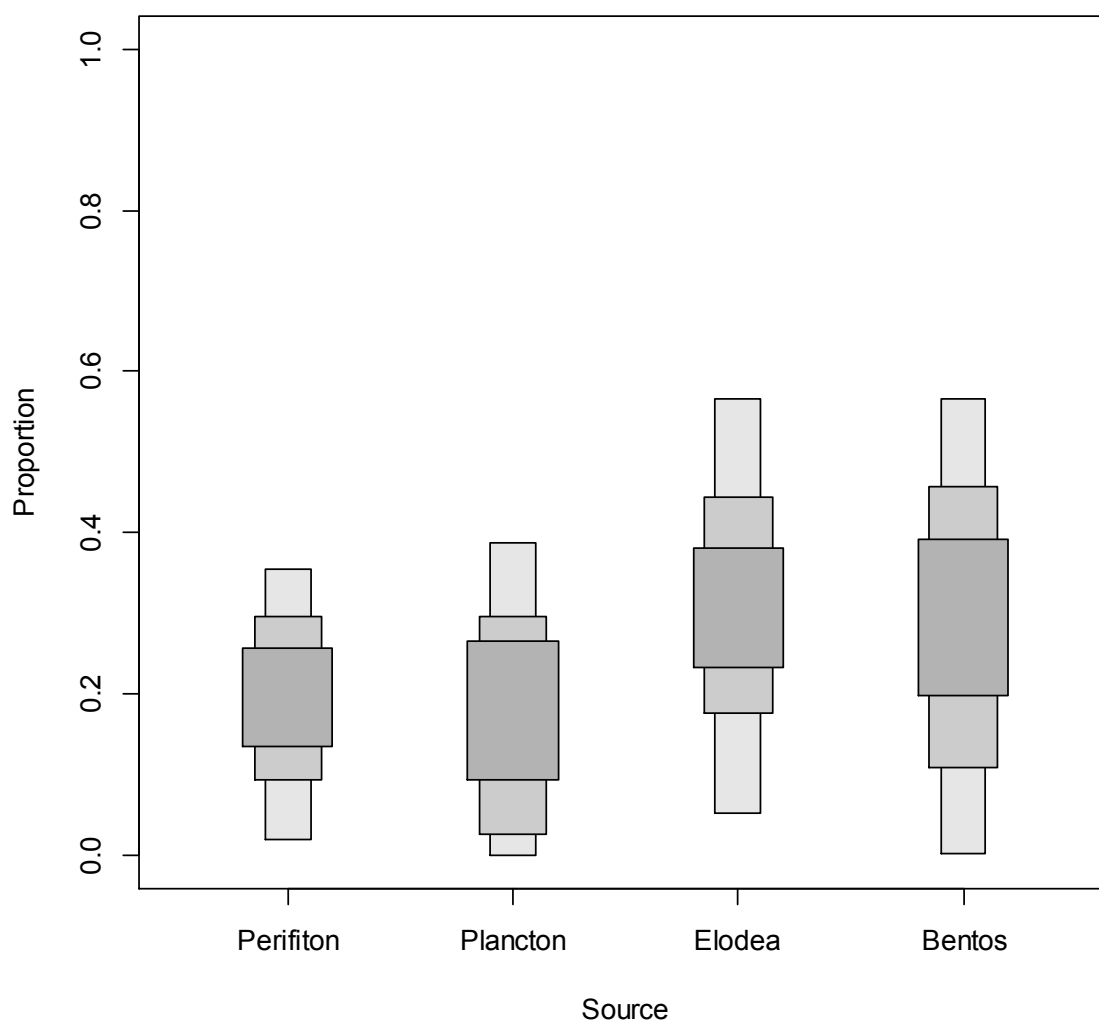
FONTE o autor (2016)



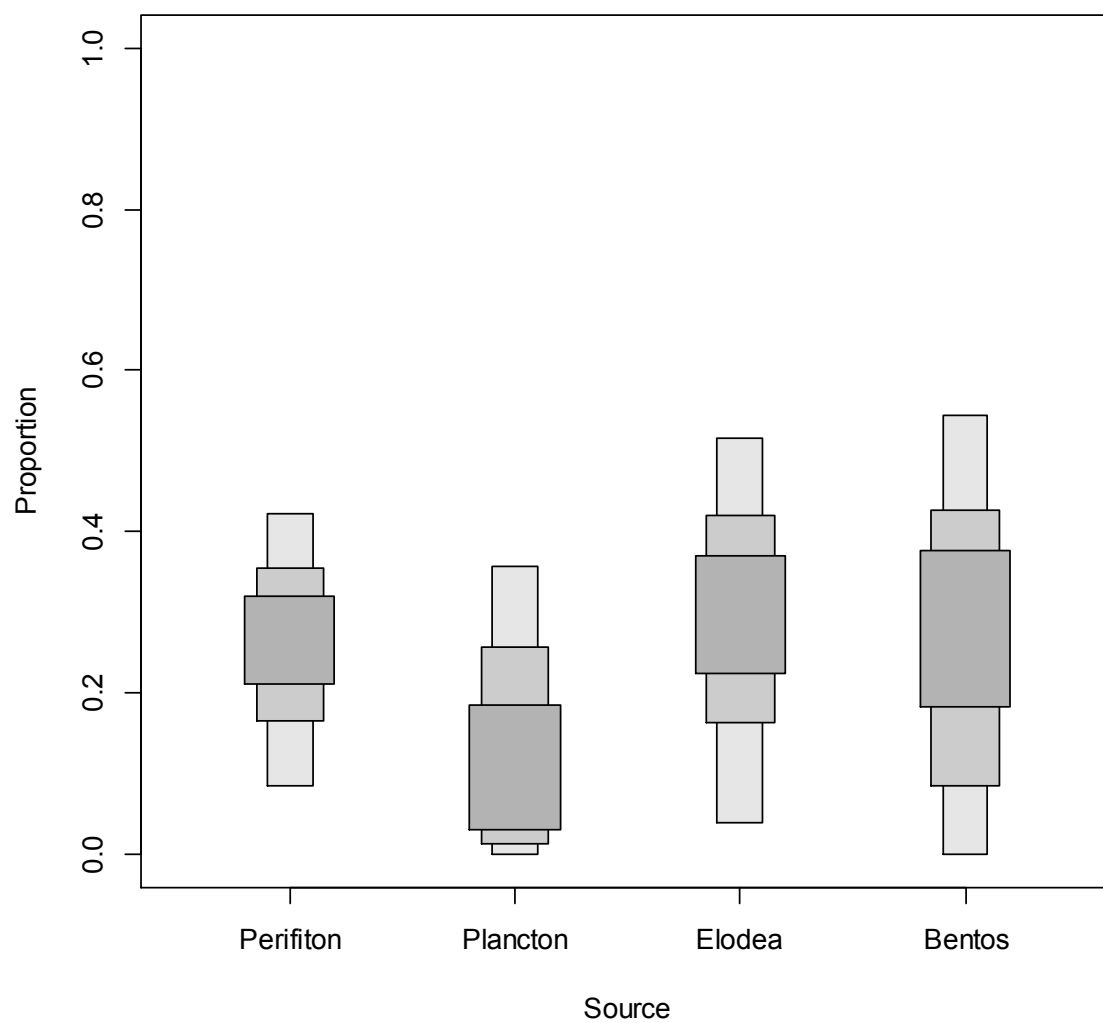
**ANEXO D – CONTRIBUIÇÃO (%) ISOTÓPICA DAS DIVERSAS FONTES PARA OS CAMARÕES  
NO TRATAMENTO T4**

GROUP 1= CONTRIBUIÇÃO AOS 20 DIAS; GROUP 2= CONTRIBUIÇÃO AOS 40 DIAS; GROUP  
3= CONTRIBUIÇÃO AOS 60 DIAS.

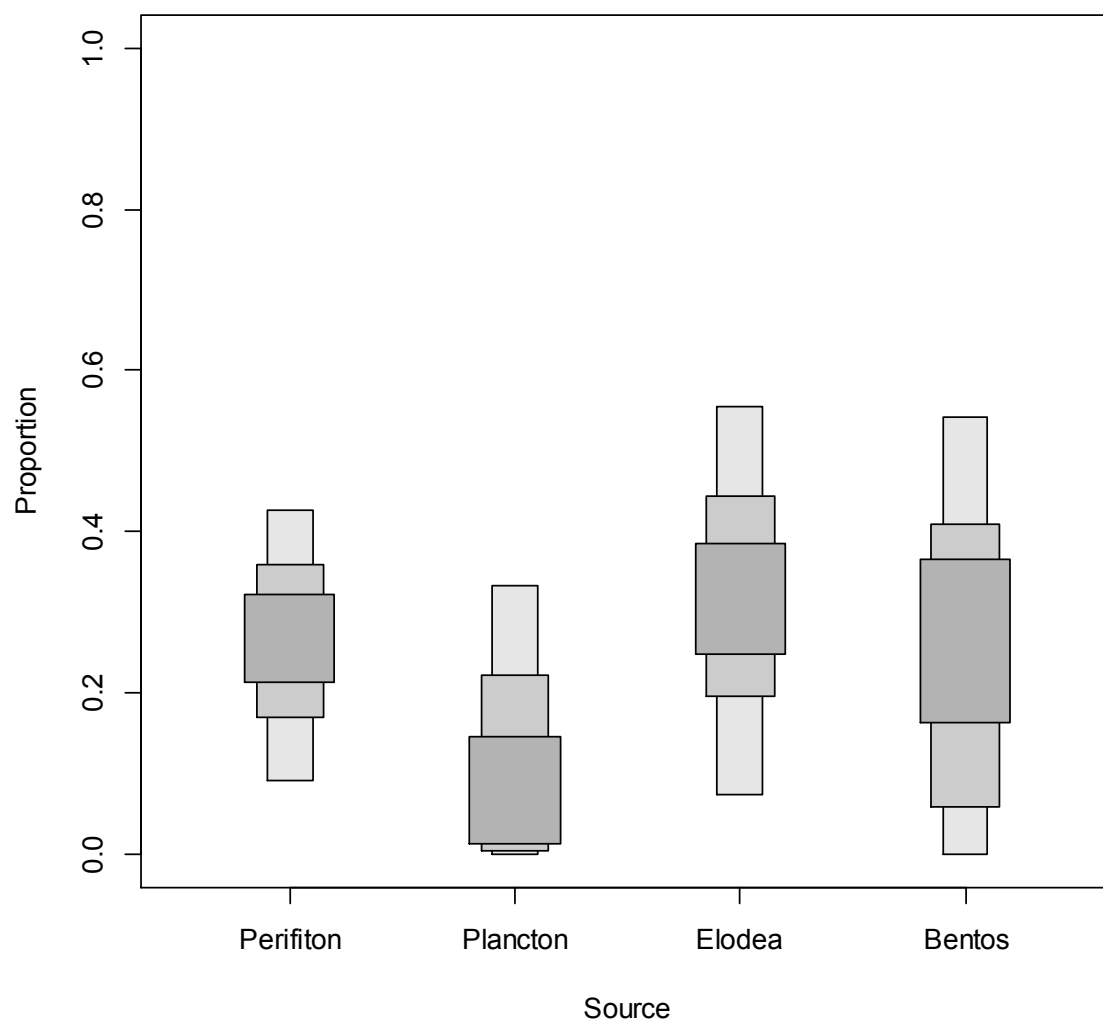
**Proportions by group: 1**



FONTE o autor (2016)

**Proportions by group: 2**

FONTE o autor (2016)

**Proportions by group: 3**

FONTE o autor (2016)